

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR-MATRIZ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y CONTABLES**

**TESIS DE MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS CON  
MENCIÓN EN GERENCIA DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD**

**PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA,  
PARA MEJORAR EL PROCESO DE VALIDACIÓN DE  
INFORMACIÓN OPERATIVA DIARIA DEL SISTEMA ELÉCTRICO  
ECUATORIANO**

**ING. DANA MARISOL QUIROLA ALMEIDA**

**DIRECTOR: ING. RODRIGO SALTOS MOSQUERA, MBA.**

**QUITO, 2014**

**DIRECTOR:**

Ing. Rodrigo Saltos Mosquera, MBA.

**INFORMANTES:**

Ing. Patricia Salazar Santamaría, MBA.

Ing. Mariano Merchán Fossati, MBA.

## **DEDICATORIA**

A mi familia que con su apoyo y cariño incondicional, inspiran siempre en mí deseos de elevar la mirada al cielo y agradecer a Dios por haberme bendecido con su existencia.

## **AGRADECIMIENTO**

A todos los que de alguna manera me brindaron su apoyo incondicional y palabras de aliento para culminar este proyecto.

## INDICE

<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>XII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1 ANTECEDENTES GENERALES.....</b>	<b>2</b>
1.1. ACERCA DEL CENACE Y LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES .....	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3. OBJETIVO GENERAL .....	7
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
1.5. ALCANCE Y LIMITACIONES.....	7
<b>2 EL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO Y LA CORPORACIÓN CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGÍA - CENACE .....</b>	<b>9</b>
2.1. SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA.....	9
2.2. EL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO – SEE.....	11
2.2.1. Breve reseña histórica .....	11
2.2.2. El Sistema Nacional Interconectado - SNI .....	15
2.2.2.1. Interconexiones Internacionales .....	16
2.2.2.2. Demandas.....	17
2.2.2.3. Capacidad Instalada .....	18
2.2.2.4. Actores.....	18
2.2.2.5. Periodos estacionales.....	19
2.2.2.6. Unidades de generación: .....	19
2.2.2.7. Elementos de transmisión: .....	20
2.2.2.8. Composición energética del parque generador:.....	20
2.2.2.9. Porcentajes de crecimiento de demandas:.....	21
2.3. LA CORPORACIÓN CENACE.....	22
2.3.1. Misión – Visión - Valores .....	23
2.3.2. Sistema de Gestión de Calidad .....	24
2.3.3. Estructura Organizacional .....	25
2.3.4. Clientes y Partes Interesadas.....	27
2.3.5. Procesos.....	27
2.4. LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES (DOP) .....	29
2.4.1. Funciones de la Dirección de Operaciones.....	30
2.4.2. Áreas de la Dirección de Operaciones .....	31
2.4.2.1. Área Centro de Operaciones (ACDO) .....	31
2.4.2.2. Área de Análisis de la Operación (AADO):.....	31
2.4.2.3. Procesos de la Dirección de Operaciones .....	31
<b>3 LA METODOLOGÍA SIX SIGMA.....</b>	<b>33</b>
3.1. DEFINICIONES BÁSICAS .....	33
3.2. LA METODOLOGÍA SIX SIGMA.....	35

3.2.1.	<i>La Filosofía Six Sigma</i> .....	35
3.2.2	<i>La Métrica Six Sigma</i> .....	40
3.2.3	<i>Principios de Six Sigma</i> .....	43
3.2.4	<i>Esquemas de la Metodología Six Sigma</i> .....	44
3.2.5	<i>El esquema DMAMC</i> .....	46
3.2.5.1	<i>Esquema DMAMC y el ciclo PHVA</i> .....	46
3.2.5.2	<i>Fase Definir</i> .....	47
3.2.5.3	<i>Fase Medir</i> .....	48
3.2.5.4	<i>Fase Analizar</i> .....	48
3.2.5.5	<i>Fase Mejorar</i> .....	49
3.2.5.6	<i>Fase Controlar</i> .....	49
3.2.6	<i>Herramientas de la metodología Six Sigma</i> .....	50
3.2.7	<i>Elementos clave de Six Sigma</i> .....	54
<b>4</b>	<b>PROCESOS DEL AADO</b> .....	<b>55</b>
4.1	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DEL AADO .....	55
4.2	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS PROCESOS.....	59
4.2.1	<i>Subproceso: Validar y preparar información operativa diaria</i> .....	59
4.2.2	<i>Subproceso: Preparar información operativa para DTC</i> .....	60
4.2.3	<i>Subproceso: Elaborar estadística del SNI e interconexiones</i> .....	60
4.2.4	<i>Subproceso: Elaborar estadística de fallas del SNI e interconexiones</i> .....	61
4.3	CARACTERIZACIÓN DEL SUBPROCESO “VALIDAR Y PREPARAR INFORMACIÓN OPERATIVA DIARIA” .....	62
4.3.1	<i>Entradas y salidas</i> .....	62
4.3.2	<i>Clientes</i> .....	63
4.3.3	<i>Productos</i> .....	63
4.3.4	<i>Herramientas tecnológicas</i> .....	64
4.3.5	<i>Actividades</i> .....	64
4.3.6	<i>Tiempos de ejecución</i> .....	65
4.3.7	<i>Responsables de ejecución</i> .....	65
4.3.8	<i>Rubros por horas extras</i> .....	66
4.4	VALIDACIÓN DE LA BITÁCORA OPERATIVA DE GENERACIÓN.....	67
4.4.1	<i>Novedades de generación</i> .....	68
4.4.2	<i>Estructura de las novedades de generación</i> .....	69
4.4.3	<i>Proceso de validación de las novedades de generación</i> .....	71
4.4.4	<i>Mediciones</i> .....	73
4.4.5	<i>Situaciones detectadas</i> .....	75
<b>5</b>	<b>APLICACIÓN DE LAS FASES DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA AL PROCESO SELECCIONADO</b> .....	<b>78</b>
5.1	FASE DEFINIR .....	79
5.1.1	<i>DEFINIR, primer paso: Desarrollo del cuadro de proyecto DMAMC</i> .....	79
5.1.2	<i>DEFINIR, segundo paso: Identificación de los requisitos del cliente</i> .....	81
5.1.3	<i>DEFINIR, tercer paso: Identificación y documentación del proceso</i> .....	82

5.2	FASE MEDIR .....	82
5.2.1	MEDIR, primer paso: Selección de lo que se desea medir .....	82
5.2.2	MEDIR, segundo paso: Desarrollo de definiciones.....	83
5.2.3	MEDIR, tercer paso: Identificación de fuentes de datos.....	83
5.2.4	MEDIR, cuarto paso: Preparación de plan de recogida y muestreo.....	84
5.2.5	MEDIR, quinto paso: Cálculo del nivel Sigma inicial para el proceso completo	87
5.2.6	MEDIR, sexto paso: Cálculo del rendimiento final y el rendimiento a la primera 88	
5.2.7	MEDIR, séptimo paso: Cálculo de los costos de la mala calidad .....	90
5.3	FASE ANALIZAR.....	90
5.3.1	ANALIZAR, primer paso: Análisis de datos - Exploración.....	90
5.3.2	ANALIZAR, segundo paso: Análisis de datos - Planteamiento de hipótesis.....	91
5.3.3	ANALIZAR, tercer paso: Análisis de datos - Verificación de hipótesis .....	92
5.3.4	ANALIZAR, cuarto paso: Análisis del proceso - Exploración .....	103
5.3.5	ANALIZAR, quinto paso: Análisis del proceso - Planteamiento de hipótesis.....	105
5.3.6	ANALIZAR, sexto paso: Análisis del proceso - Verificación de hipótesis .....	105
5.3.7	ANALIZAR, séptimo paso: Determinación de causas raíz.....	108
5.4	FASE MEJORAR .....	110
5.4.1	MEJORAR, primer paso: Planteamiento de posibles soluciones.....	110
5.4.2	MEJORAR, segundo paso: Selección de soluciones .....	112
5.4.3	MEJORAR, tercer paso: Implementación de soluciones.....	114
5.4.4	MEJORAR, cuarto paso: Análisis del impacto de las soluciones implementadas 118	
5.5	FASE CONTROLAR.....	120
5.5.1	CONTROLAR, primer paso: Documentación de la mejora.....	121
5.5.2	CONTROLAR, segundo paso: Registro de los valores y definición de las medidas continuas del proceso .....	121
5.5.3	CONTROLAR, tercer paso: Monitoreo del proceso controlado.....	123
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	126
6.1	CONCLUSIONES .....	126
6.2	RECOMENDACIONES .....	127
	BIBLIOGRAFÍA.....	129
	ANEXOS.....	133

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Porcentaje de correcciones realizadas en la bitácora entregada por ACDO .....	4
Figura 2: Indicadores mensuales para la bitácora validada entregada por AADO .....	5
Figura 3: Clasificación de horas extras por actividad.....	6
Figura 4: Actividades en el Sistema Eléctrico .....	12
Figura 5: El Mercado Eléctrico Mayorista.....	13
Figura 6: El Sector Eléctrico Ecuatoriano .....	15
Figura 7: El Sistema Nacional Interconectado.....	16
Figura 8: Evolución de demandas de potencia y energía (2000 – 2013) .....	17
Figura 9: Evolución de la capacidad instalada de generación (1999 – 2013).....	18
Figura 10: Tipo y número de unidades de generación (1999 – 2013) .....	19
Figura 11: Composición energética del parque generador 2013 .....	21
Figura 12: Demandas mensuales de potencia y energía - 2013 .....	21
Figura 13: Funciones y clientes del CENACE .....	22
Figura 14: Misión, Visión y Valores del CENACE.....	23
Figura 15: Estructura organizacional del CENACE .....	25
Figura 16: Clientes del CENACE .....	27
Figura 17: Procesos del CENACE .....	27
Figura 18: Procesos gerenciales, facilitadores .....	28
Figura 19: Macroprocesos por Dirección .....	29
Figura 20: Organigrama, misión y visión de la DOP.....	30
Figura 21: Campana de Gauss .....	40
Figura 22: Niveles Sigma.....	41
Figura 23: Niveles sigma y niveles de calidad.....	42
Figura 24: Ejemplos prácticos de niveles sigma.....	42
Figura 25: El esquema DMAMC .....	46
Figura 26: Esquema DMAMC y ciclo PHVA .....	47
Figura 27: Elementos clave de Six Sigma .....	54
Figura 28: Macroprocesos, Procesos y Subprocesos de AADO.....	55
Figura 29: Interrelación de procesos de AADO .....	56
Figura 30: Detalle de subprocesos de AADO.....	57
Figura 31: Indicadores – Subproceso: Validar y Preparar información operativa diaria .....	59
Figura 32: Indicadores – Subproceso: Preparar información operativa para DTC.....	60
Figura 33: Indicadores – Subproceso: Elaborar estadística del SNI e Interconexiones .....	61
Figura 34: Indicadores – Subproceso: Elaborar estadística de fallas del SNI e Interconexiones .....	61
Figura 35: Interrelaciones – Producto: Información Operativa Validada.....	62
Figura 36: Entradas / Salidas – Subproceso: Validar y Preparar información operativa diaria .....	62
Figura 37: Actividades – Subproceso: Validar y Preparar información operativa diaria .....	65
Figura 38: Clasificación de horas extras de AADO.....	66
Figura 39: Interacción entre Cenace y Agentes para registro de novedades operativas .....	67



Figura 40: Estructura de novedades de generación.....	69
Figura 41: Tipos de Eventos y Causales .....	70
Figura 42: Proceso de validación de novedades de generación.....	72
Figura 43: Indicadores de calidad y oportunidad para bitácora de generación validada .....	73
Figura 44: Evolución mensual del índice de oportunidad 2011-2013 .....	74
Figura 45: Evolución mensual del índice de calidad 2011-2013 .....	74
Figura 46: Cuadro de proyecto six sigma .....	80
Figura 47: Diagrama SIPOC del proceso.....	82
Figura 48: Diagrama de árbol de características críticas para la calidad .....	83
Figura 49: Plantilla de recolección de datos. ....	85
Figura 50: Rendimiento final y nivel sigma .....	89
Figura 51: Rendimiento a la primera .....	89
Figura 52: Correlación entre No. Bitácoras erróneas y Funcionario de turno .....	96
Figura 53: Gráfico de tendencia - No. Novedades corregidas por Funcionario de turno .....	97
Figura 54: Gráfico de puntos - No. Novedades corregidas por Funcionario de turno .....	98
Figura 55: Diagrama de Pareto: No. Bitácoras erróneas por tipo de novedad.....	99
Figura 56: Diagrama de Pareto: No. Novedades corregidas por tipo de novedad .....	100
Figura 57: Gráfica de variables múltiple: Tipo de novedad corregida vs. Funcionario.....	100
Figura 58: Histograma de número de novedades corregidas en total de bitácoras validadas .....	101
Figura 59: Histograma de número de novedades corregidas en total de bitácoras erróneas .....	102
Figura 60: Diagrama de Pareto: Tipo de corrección de novedades .....	102
Figura 61: Gráfica de variables múltiple: Tipo de corrección vs. Funcionario .....	103
Figura 62: Mapa de Proceso Interfuncional .....	104
Figura 63: Diagrama de Ishikawa .....	109
Figura 64: Matriz Impacto vs. Esfuerzo.....	113
Figura 65: Diagrama Funcional Programa SIVO .....	115
Figura 66: Proceso rediseñado de validación de la bitácora de generación.....	117
Figura 67: Gráfico p: Proporción mensual de bitácoras mal validadas .....	121
Figura 68: Gráfico p: Proporción mensual de bitácoras mal validadas por semana .....	122
Figura 69: Cuadro de mando del proceso .....	123
Figura 70: Indicador de Calidad para la Bitácora de Generación validada .....	124
Figura 71: Indicador de Calidad para Novedades de Generación provenientes de ACDO ..	125

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número de Agentes del Sector Eléctrico .....	18
Tabla 2: Elementos de transmisión .....	20
Tabla 3: Macroprocesos, Procesos y Subprocesos de la Dirección de Operaciones .....	32
Tabla 4: Glosario de términos .....	33
Tabla 5: Esquemas Six Sigma.....	44
Tabla 6: Esquemas DMAMC Y DMADV.....	45
Tabla 7: Herramientas de apoyo de Six Sigma.....	50
Tabla 8: Productos de AADO .....	58
Tabla 9: Productos Subproceso: Validar y Preparar Información Operativa Diaria .....	63
Tabla 10: Estratificación de bitácoras de generación mal validadas .....	86
Tabla 11: Estratificación de novedades de generación erróneas en bitácoras mal validadas ..	87
Tabla 12: Actividades en el proceso de validación y corrección de novedades de disponibilidad.....	106
Tabla 13: Soluciones propuestas.....	110
Tabla 14: Comparación de resultados pre y post mejora.....	119

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Empresas del Sector Eléctrico Ecuatoriano .....	134
Anexo 2: Número de Bitácoras erróneas – Periodo Enero_Agosto 2013.....	135
Anexo 3: Estratificación de novedades corregidas en bitácoras de generación mal validadas .....	136
Anexo 4: Tabla de conversión Sigma .....	137
Anexo 5: Novedades ON - OFF.....	138
Anexo 6: Nuevo Algoritmo COMPARADOR SIMPLE .....	139
Anexo 7: Nuevo Algoritmo INDISPON ACTUAL.....	140
Anexo 8: Nuevo Procedimiento “Preparar Información Operativa” .....	141

## **RESUMEN EJECUTIVO**

Gutiérrez & De La Vara (2009) aseguran que “tanto la competitividad de una empresa como la satisfacción del cliente están determinadas principalmente por tres factores: la calidad del producto, el precio y la calidad en el servicio” (p.5). Bajo esta premisa y con la perspectiva que tiene el Centro Nacional de Control de Energía – CENACE que actualmente administra y opera el Sistema Eléctrico Ecuatoriano, de posicionarse como el Administrador del Mercado Eléctrico Andino integrado por Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, se vuelve imperante observar un alto nivel de calidad en todos sus procesos. En este contexto, el presente trabajo se enfoca en proponer un proyecto piloto de aplicación de la metodología Six Sigma para mejorar un proceso considerado como crítico en la Dirección de Operaciones.

El CAPÍTULO 1 contiene la introducción del trabajo que incluye el planteamiento del problema, el objetivo general, los objetivos específicos, el alcance y las limitaciones.

El CAPÍTULO 2 parte de una explicación de los términos empleados en un sistema eléctrico de potencia estableciendo una analogía con elementos cotidianos fáciles de entender. Se expone además una breve reseña histórica de la evolución del Sistema Eléctrico en Ecuador, especificando datos estadísticos del mismo y su situación actual. También se hace una caracterización de la Corporación Centro Nacional de Control de Energía - CENACE y dentro de ésta, de la Dirección de Operaciones que es el área en la que se desarrolla la propuesta de aplicación de la metodología Six Sigma.

El CAPÍTULO 3, se enfoca en la metodología Six Sigma, se describen sus objetivos, etapas y herramientas empleadas. Se detalla además una breve reseña de sus antecedentes y se explica la métrica en la que se basa. Adicionalmente se profundiza en las etapas del

esquema DMAMC (mejor conocido como DMAIC, por sus siglas en inglés) explicando los fines que persiguen, las actividades que involucran y las herramientas que se utilizan en cada una de ellas.

El CAPÍTULO 4, comprende un análisis situacional de los procesos del Área de Análisis de la Operación, caracterizando principalmente al proceso de Validación de Información Operativa del Sistema Eléctrico Ecuatoriano. Se realiza un levantamiento estadístico de su desempeño y se detallan los problemas que presenta.

El CAPÍTULO 5, incluye la descripción de las actividades ejecutadas en el desarrollo de cada una de las fases del esquema DMAMC ya aplicado al proceso en estudio.

En el CAPÍTULO 6, se establecen las principales conclusiones y recomendaciones derivadas del presente trabajo.

## **INTRODUCCIÓN**

El Centro Nacional de Control de Energía – CENACE coordina la operación técnica y administra las transacciones financieras del sistema eléctrico ecuatoriano durante las 24 horas del día y los 365 días del año. El volumen transaccional de energía que gestiona es de alrededor de 21000 gigavatios-hora y la liquidación financiera del orden de mil millones de dólares.

Para cumplir con su misión, el CENACE ha establecido una serie de procesos que en su momento han sido sometidos a reingenierías enfocadas a modificarlos en función de los cambios presentados en el sector eléctrico, pero hasta la actualidad no ha implementado metodologías de mejoramiento de procesos propiamente dichas.

Bajo esta premisa, se estableció como proyecto piloto, la aplicación de la metodología six sigma (con su esquema DMAMC) al proceso de validación de información operativa diaria del sistema eléctrico ecuatoriano, que se ejecuta en la Dirección de Operaciones y que está enmarcado en los procesos que agregan valor. Dicha metodología se soporta en el uso de herramientas estadísticas básicas y avanzadas y contempla la aplicación sistemática de 5 etapas para definir, medir, analizar, mejorar y controlar un proceso productivo o de servicios, con el objetivo principal de minimizar los defectos y en consecuencia maximizar el desempeño del proceso.

Una vez concluido el proyecto se consiguieron beneficios importantes en el proceso estudiado en términos de: optimización del recurso humano, optimización del tiempo de ejecución, optimización del presupuesto, reducción de los costos de la mala calidad y aumento en la satisfacción de los clientes; evidenciando la efectividad de la metodología empleada.

## **1 ANTECEDENTES GENERALES**

### **1.1. ACERCA DEL CENACE Y LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES**

El Centro Nacional de Control de Energía – CENACE es una empresa ecuatoriana establecida conforme lo establecido en la Ley del Régimen del Sector Eléctrico Ecuatoriano a partir del año 1999. La misma constituye en Ecuador, un monopolio que durante las 24 horas del día y los 365 días del año, ofrece el servicio de coordinación de la operación técnica del Sistema Nacional Interconectado - SNI y de la administración de las transacciones financieras en el Sistema Eléctrico Ecuatoriano - SEE, que a la actualidad gestiona un volumen transaccional de energía de alrededor de 21000 GWh (Giga vatios-hora) y una liquidación financiera del orden de mil millones de dólares al año. Sus clientes son todas las empresas de Generación, Transmisión, Distribución y los Operadores de las Interconexiones Internacionales de Colombia y Perú.

El CENACE cuenta con un Sistema de Gestión de Calidad vigente hasta el 2015, certificado bajo las normas internacionales ISO 9001:2008 y en el 2007 recibió la Medalla de Oro a la Excelencia otorgada por la Corporación Ecuatoriana de Calidad Total.

Está compuesto por seis Direcciones, tres de las cuales son técnicas, dentro de estas está la Dirección de Operaciones que a su vez se subdivide en dos áreas con funciones específicas: el Área Centro de Operaciones - ACDO encargada de supervisar y coordinar en tiempo real la operación del sistema eléctrico nacional interconectado; y, el Área de Análisis de la Operación - AADO responsable de realizar el análisis post-operativo para evaluar la operación ejecutada y generar la información para la liquidación de las transacciones nacionales e internacionales.

Los procesos del ACDO son ejecutados todos los días sin excepción, en tres jornadas divididas por turnos: Mañana (de 23:00 horas del día anterior a 07:00 horas del día actual),

Tarde (de 07:00 a 15:00 horas del día actual) y Noche (de 15:00 a 23:00 horas del día actual); mientras que los procesos del AADO son ejecutados de 07:30 a 16:30 horas en días laborables y aproximadamente en un lapso de 6 horas en días no laborables. En el caso del AADO, los procesos de días laborables y no laborables difieren básicamente en dos aspectos: 1) en los días normales los procesos son ejecutados por dos funcionarios, mientras que en los feriados y fines de semana, son responsabilidad de un solo funcionario; y, 2) el número de productos elaborados disminuye durante los días no laborables.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Como parte de la supervisión y coordinación, el ACDO registra en tiempo real todas las novedades relacionadas con la operación del sistema, a través de las siguientes herramientas tecnológicas: BOSNI (Bitácora Operativa del Sistema Nacional Interconectado), SAF (Sistema de Administración de Fallas) y SAM (Sistema de Administración de Mantenimientos), las cuales permiten ingresar de manera estandarizada y estructurada las novedades de operación de las centrales de generación, de las interconexiones internacionales, de los elementos de transmisión y de los elementos de distribución; en una primera versión de la bitácora operativa que es generada hasta las 24:00 horas del día de operación.

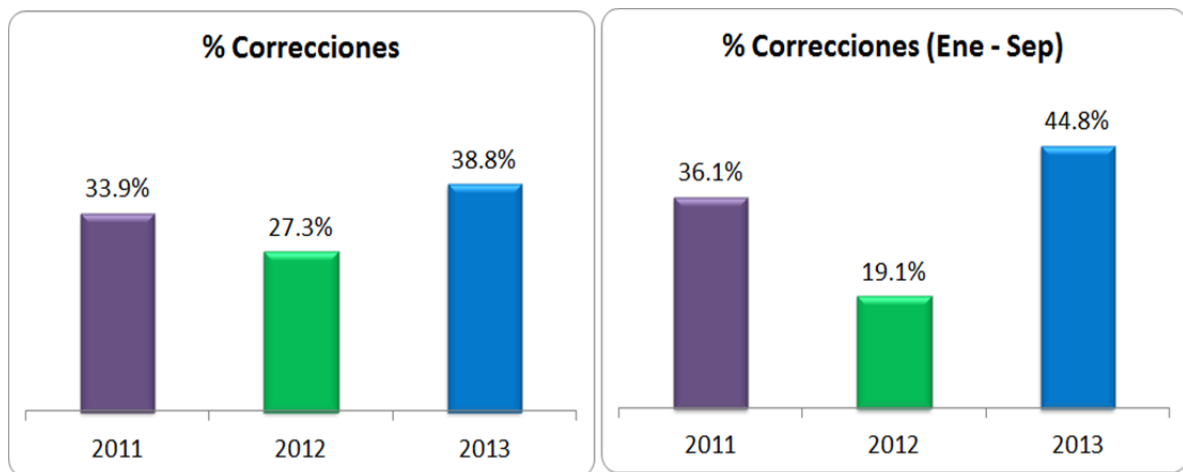
Al día siguiente, el AADO ejecuta el proceso “Validar y Preparar Información Operativa Diaria” revisando detalladamente que la bitácora generada por el ACDO esté completa y consistente, en caso de que no sea así, procede a corregirla y completarla generando una versión validada que a su vez es empleada por el AADO para el resto de procesos de análisis post-operativo, por el Área de Análisis y Control (AC) para los informes de gestión y, por las dos áreas técnicas restantes: la Dirección de Planeamiento (DPL) para los procesos de planificación de la operación y, la Dirección de Transacciones Comerciales (DTC) para los procesos de liquidación comercial.



Este proceso de validación de la bitácora original generada por ACDO, demanda una inversión considerable de tiempo y en función de que este producto es una de las entradas principales para la ejecución del resto de procesos tanto técnicos como comerciales, se convierte en un cuello de botella que no solamente afecta los tiempos de los procesos subsiguientes, sino que influye directamente en la cantidad de horas en las que se realiza, en especial durante los días no laborables en los que ejecutar el proceso, genera sobretiempos que deben ser reconocidos a los funcionarios de turno conforme lo establecido en la ley.

Otro efecto importante es que la calidad con la que se entrega la bitácora operativa, tiene influencia directa en los clientes externos pues si contiene errores, éstos pueden ocasionarles afectaciones económicas y aunque se hagan las correcciones posteriores, la satisfacción de los clientes se deteriora.

Para dimensionar lo indicado, se recopilamos las bitácoras validadas de generación de los tres últimos años y se cuantificó el porcentaje de novedades que debieron ser corregidas y/o complementadas en el AADO, los resultados se muestran en la Figura 1:



**Figura 1: Porcentaje de correcciones realizadas en la bitácora entregada por ACDO**

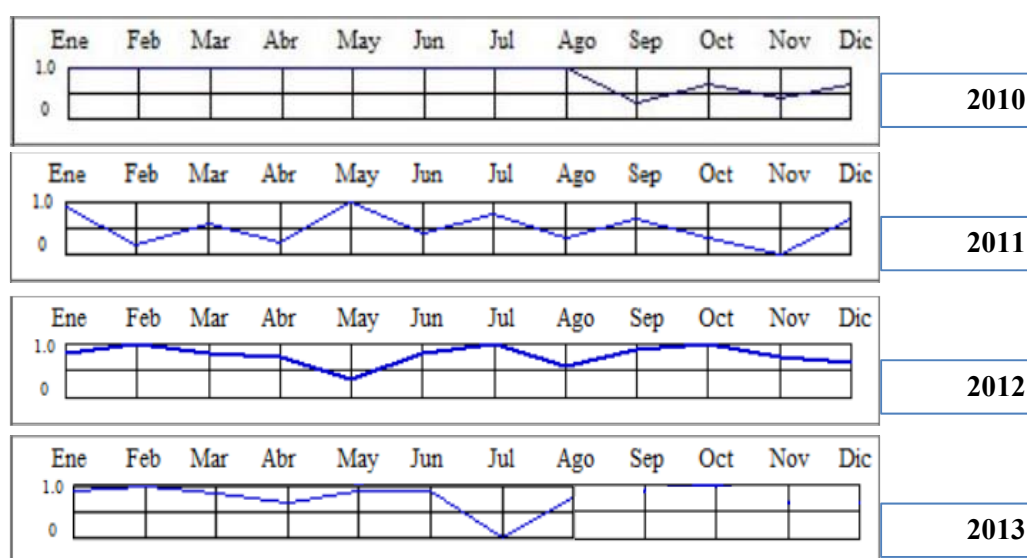
Fuente: CENACE, Área de Análisis de la Operación, 2013

Se evidencia que del 2012 al 2013 el porcentaje total anual se incrementa en 11.5%, valor que sería superior al incluirse el último trimestre del 2013. Si se considera el mismo

marco de comparación y se toma en cuenta solamente el periodo comprendido entre los meses de enero y septiembre, la diferencia se incrementa al 25.7%

Adicionalmente los indicadores asociados al producto bitácora operativa validada, que son evaluados en el contrato cliente – proveedor pactado con la Dirección de Transacciones Comerciales (principal cliente interno), presentan una alta variabilidad a partir del mes de agosto del 2010, registrando incluso valores de cero.

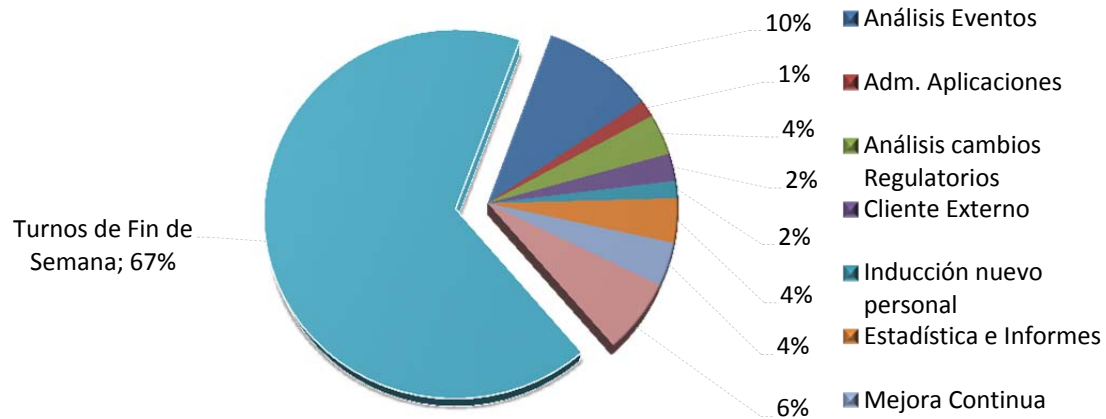
La evolución durante los últimos 4 años de dicho indicador se muestra en la Figura 2.



**Figura 2: Indicadores mensuales para la bitácora validada entregada por AADO**

Fuente: CENACE – Área de Análisis y Control – Informes mensuales de gestión

Otro aspecto a considerar es el rubro de horas extras (reconocido económicamente conforme lo estipulado en el Código de Trabajo), el cual incluye los sobretiempos que se generan cuando los procesos del AADO son ejecutados en los días no laborables. Se conoce que en promedio, del total del pago mensual por horas extras a la Dirección de Operaciones, alrededor del 25% le corresponde al AADO. Si se hace una clasificación de las horas empleadas por actividad, se tiene lo indicado en la Figura 3:



**Figura 3: Clasificación de horas extras por actividad**

Fuente: CENACE – Dirección de Administración y Finanzas

Se observa que la mayor cantidad de horas extras ha sido empleada en procesos de fin de semana y feriados; y, que alrededor de la tercera parte se usó en gestión de requerimientos de clientes internos y externos y en administración de proyectos.

En conclusión, el proceso de validación de la información operativa diaria del Sistema Eléctrico Ecuatoriano ejecutado por el AADO, presenta inconvenientes asociados con: la considerable inversión de tiempo en la validación que depende directamente del margen de errores que tenga la bitácora original entregada por el ACDO; la generación de tiempos muertos en los procesos posteriores hasta la emisión de la bitácora operativa validada final; el considerable monto pagado por horas extras cuando el proceso se ejecuta en los días no laborables; el número de reprocesos que se deben ejecutar; y, la afectación en la satisfacción de los clientes internos y externos.

Por lo expuesto, se evidencia la existencia de un problema de calidad en el proceso indicado que requiere una revisión y análisis profundo y, dado que hasta la actualidad no se han implementado en el CENACE metodologías de control de procesos, sino solamente reingenierías de procesos enfocadas a modificar los mismos acorde a los cambios realizados en el sector eléctrico; se realiza una propuesta de aplicación sistemática de las cinco etapas que comprende la metodología Six Sigma, para mejorar el desempeño del proceso estudiado

en términos de: optimización de recursos humanos, optimización de tiempo, optimización de presupuesto y aumento en la satisfacción de los clientes.

### **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una propuesta de aplicación de la metodología Six Sigma, para mejorar el proceso de Validación de Información Operativa Diaria del Sistema Eléctrico Ecuatoriano (SEE), a fin de optimizar los recursos económicos y su tiempo de ejecución e incrementar la satisfacción de los clientes.

### **1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar la situación actual del Proceso de Validación de Información Operativa Diaria del SEE.
- Aplicar las fases Definir, Medir y Analizar de la metodología Six Sigma para caracterizar el proceso de Validación de Información Operativa Diaria del SEE.
- En base a las fases Mejorar y Controlar, elaborar una propuesta de acciones de mejora para:
  - disminuir en alrededor del 25% el tiempo de ejecución del proceso,
  - disminuir de 2 a 1 el número de funcionarios que ejecuta el proceso en días laborables, e
  - incrementar la calidad de los productos resultantes y la satisfacción de los clientes.

### **1.5. ALCANCE Y LIMITACIONES**

Ya que el objetivo del presente trabajo no es rediseñar completamente el proceso estudiado ni mucho menos crear uno nuevo, de los diferentes esquemas de mejoramiento que presenta la metodología Six Sigma, se emplea la modalidad DMAMC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) para mejorar el proceso existente de Validación de Información Operativa Diaria del SEE.

Aunque la metodología Six Sigma, como estrategia de gestión empresarial, considera también la conformación de un grupo de expertos en calidad para motivar y producir la cultura “Six Sigma” como: Líder, Maestro de Cinta Negra, Cinta Negra y Cinta Verde; esto no se incluye en el alcance del presente trabajo de investigación, pues la propuesta se enfoca solamente en la aplicación misma de la metodología de mejoramiento soportada en el uso de herramientas estadísticas.

## **2 EL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO Y LA CORPORACIÓN CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGÍA - CENACE**

Como base para explicar lo tratado en el presente estudio, se expone inicialmente el significado de un sistema eléctrico de potencia estableciendo una analogía con elementos cotidianos. Para el efecto, a continuación se extrae textualmente el siguiente apartado de las memorias “cenace - Testimonios de sueños y realidades”:

### **2.1. SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA**

Las centrales de generación, distribuidas a lo largo y ancho de un país o de una región, son las fábricas de un producto denominado potencia que se mide en vatios y más comúnmente en megavatios, MW (1MW = 1000000 vatios). Este producto, a través de una red de autopistas denominada el sistema de transmisión, es conducido hacia cada empresa distribuidora para su utilización en los sectores industrial, comercial y residencial. En esos sectores, el MW lo convertimos en luz, movimiento, calor, frío, imagen, sonido, voz y otras, es decir, la energía eléctrica un tanto intangible se convierte en energía visible o perceptible. El tiempo que utilizamos el MW en algún proceso lo convierte en MWh (megavatio-hora) y es lo que se conoce como energía. Esta cadena tecnológica de producción, transmisión, distribución y uso es lo que en conjunto se denomina sistema eléctrico de potencia.

Las tecnologías o medios de producción de energía son muy diversos, así: generación hidroeléctrica que utiliza el agua como recurso primario para la conversión de energía, la generación termoeléctrica que utiliza diferentes tipos de combustibles tales como el diésel, fuel oil, residuo, gas, carbón para producir calor; otras son las denominadas no convencionales como las eólicas en base al viento, las solares en base a la radiación del sol, las geotérmicas que usan el calor volcánico, las de biomasa que utilizan residuos orgánicos, las que utilizan las olas del mar, también tenemos las nucleares que usan la conversión de masa a energía mediante la fisión nuclear, es decir  $e=mc^2$ , quién no conoce esta fórmula y a su creador. Lo que hacen el agua, el calor, el viento, la fisión, la biomasa es que finalmente se produzca el movimiento mecánico de un generador, una vez que se mueve, logra producir el MW que se inyecta en la red de transmisión cuando alguien se lo pide.

Todas las centrales de generación, incluyendo las de la misma tecnología, son diferentes y por ello tienen diferentes costos para producir el MW; sin embargo todos los MW son idénticos, cada generador entrega sus MW que se mezclan en la red, algo así como los ríos afluentes en un río mayor, por lo que no se puede saber o distinguir la procedencia del agua de un río en particular. Igual ocurre con los MW que se mezclan en la red de transmisión. Esta mezcla complica el control energético. Si se pudiera diferenciar o pintar los MW para saber su origen, algunos problemas serían resueltos de manera más sencilla. El MW es requerido en cualquier momento por el usuario y en ese momento debe ser producido por el generador, no es que está guardado en alguna bodega o en un tanque como se almacena el agua o el gas, y esta característica vuelve único al sistema de potencia, la energía se consume en el mismo momento que se la produce, incluso un poco antes.

El MW transita por las líneas de transmisión desde las centrales hacia las ciudades, las líneas van desde un punto a otro. Los puntos de unión de varias líneas son las denominadas subestaciones, donde también existe otro equipamiento fundamental, el transformador, que permite el paso de la energía de una línea a otra, a diferentes niveles de voltaje; siendo su rol comparable al rol del puente en las carreteras. Este conjunto de subestaciones, líneas y transformadores conforman el sistema de transmisión, que junto a los generadores y el consumo, configuran el sistema eléctrico de potencia.

Una característica adicional del sistema de potencia es que es de corriente alterna y además, trifásico. La corriente continua es la que proviene de las pilas o baterías y su manejo tanto matemático como tecnológico es muy simple. La corriente alterna que producen los generadores para viajar con el MW, tiene la forma de una senoide, variando todo el tiempo con valores positivos y negativos, en cambio la corriente continua no varía. La presencia de la corriente alterna introduce fenomenales problemas tecnológicos, de modelación y control.

La pregunta es entonces para qué usan la corriente alterna, la respuesta es que, con corriente continua no hay posibilidad de transmitir grandes potencias desde las centrales de generación. El transformador, elevando el voltaje de un lado a otro posibilita esta transferencia, y cuando se va acercando el MW al usuario, el transformador va bajando el voltaje a niveles de uso. El transformador no funciona con corriente continua, al símil de un puente roto en la carretera. Lo de trifásico (3 fases) se debe a que la corriente alterna puede conducirse económica y eficientemente por tres conductores. Si fuese monofásico, el proceso para tener igual resultado, requeriría de seis conductores.

La senoide se produce 60 veces en un segundo y esto se reconoce como la frecuencia del sistema, o sea, una senoide es igual a un ciclo y en consecuencia la frecuencia es de 60 ciclos por segundo. Hay mucho movimiento en el sistema de potencia; los voltajes, las potencias y otras se mueven todo el tiempo en la forma que varía la frecuencia, por ello se las conoce como variables sinusoidales. Todos conocemos el voltaje, 110 o 220 voltios en los tomacorrientes de nuestras casas, su presencia nos indica e informa que el MW está listo para ser usado. En la red de transmisión se usan voltajes muy altos, por ejemplo, en el Sistema Nacional Interconectado, 230 kV (kV = kilovoltios) o 230000 voltios y esto para transmitir cientos o miles de MW.

Uno de los problemas que presenta la corriente alterna es que existen dos clases de MW, el uno activo y el otro reactivo, para diferenciarlos el activo se lo conoce como MW y al reactivo como MVAR. El activo es el que produce el calor, la luz, el movimiento, el sonido y demás formas de energía; en cambio el reactivo, no sale del sistema eléctrico y circula dentro de la red, pero tiene que ser controlado para que haga bien su trabajo, no puede haber ni muchos ni pocos, caso contrario aparecen problemas para el MW y para toda la red, una especie de colesterol en el sistema de transmisión.

El MW solo puede ser producido por los generadores a través del movimiento e interacción de bobinas dentro de campos magnéticos, en cambio el MVAR puede ser producido o consumido por el generador, pero también lo producen y consumen las líneas de transmisión, un equipo conocido como capacitor también lo produce y otro llamado reactor lo absorbe o lo consume. Los MVAR son parte de un complejo proceso de campos eléctricos y magnéticos que interactúan dentro del sistema para producir y conducir el MW. El concepto de MVAR es abstracto, la mayoría de los ingenieros eléctricos no terminamos de comprenderlo.

En resumen, el sistema de potencia es muy simple para ser utilizado y muy complejo para ser controlado. Como hemos visto, el sistema de potencia se nos presenta mediante un lenguaje de signos y símbolos y se nos manifiesta como una sinfonía de sonidos, luces y movimiento, la semiótica del sistema. (CENACE, 2013, p.34-35)

## **2.2. EL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO – SEE**

Empleando como fuente las memorias “cenace - Testimonios de sueños y realidades” publicadas por el CENACE en el 2013, la evolución del sector eléctrico ecuatoriano puede resumirse como sigue a continuación:

### **2.2.1. Breve reseña histórica**

A fines del siglo XIX, inició el uso de energía eléctrica en el Ecuador desarrollándose en un sector carente de regulaciones y normalizaciones y que en un inicio fue soportado con inversiones privadas y posteriormente, al ser reconocida su importancia en el desarrollo del país, con inversiones del Estado.

En la primera y segunda décadas del siglo XX, llega el furor por la energía eléctrica a las principales ciudades del Ecuador. En las décadas de 1920 y 1930 se suscriben contratos con compañías norteamericanas para la provisión del servicio de energía eléctrica a Quito, Guayaquil y Riobamba. En la década de 1940, la Ley de Régimen Municipal asigna esta responsabilidad a los Municipios en las áreas de su jurisdicción. Lo aislado del accionar de las organizaciones municipales, motivó que la prestación de servicio eléctrico se lleve a cabo bajo concepciones localistas, sin una planificación integral y sin considerar el entorno social y económico del país, factores que incidieron negativamente y no propiciaron un ambiente adecuado para el desarrollo armónico y sostenido del sector (...). (CENACE, 2013, p.9)

Para viabilizar la integración eléctrica a nivel nacional y garantizar el suministro de electricidad, en 1961 mediante Decreto de Ley de Emergencia N° 24, se creó el Instituto Ecuatoriano de Electrificación – INECEL como un organismo estatal. Con la expedición de la nueva Ley Básica de Electrificación en 1973, se le dio al INECEL personería jurídica y autonomía económica y administrativa, y se centralizó en él las actividades de planificación, operación, regulación y control del sistema eléctrico ecuatoriano. A la vez, se le responsabilizó de la generación/transmisión que administró directamente y, de la distribución/comercialización que estuvo a cargo de 17 empresas distribuidoras.

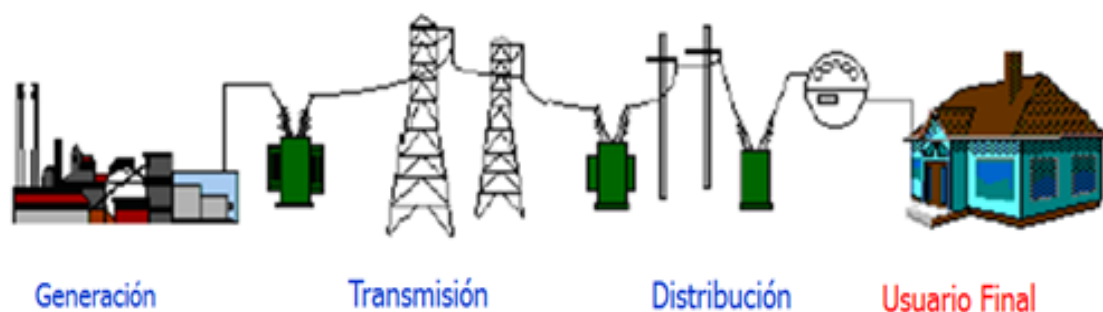
De esta manera, se inició una etapa de desarrollo de proyectos de generación y de integración eléctrica que se consolidó en la década de los ochenta, con la conformación del Sistema Nacional Interconectado.



Sin embargo al transcurrir el tiempo y ante la presencia de factores influyentes como: recortes de presupuesto para obras de electrificación, temas políticos internos y externos, compra impaga de energía y condiciones hidrológicas desfavorables, el INECEL entró en una continua crisis que tuvo un severo impacto en el suministro eléctrico, la demanda de energía empezó a crecer y no ocurrió lo propio con la generación, desencadenándose así una crítica situación que tuvo como consecuencia el inicio de racionamientos de energía eléctrica entre los años 1995 y 1996.

En 1996 se promulgó la Ley de Régimen del Sector Eléctrico – LRSE (aplicable desde el 1 de abril de 1999), para promover la inversión privada en el segmento de generación y el 31 de marzo de 1999 desapareció el INECEL. En 1999 se creó el Consejo Nacional de Electricidad – CONELEC y el Centro Nacional de Control de Energía – CENACE, para fungir como Regulador y Operador del sistema, respectivamente.

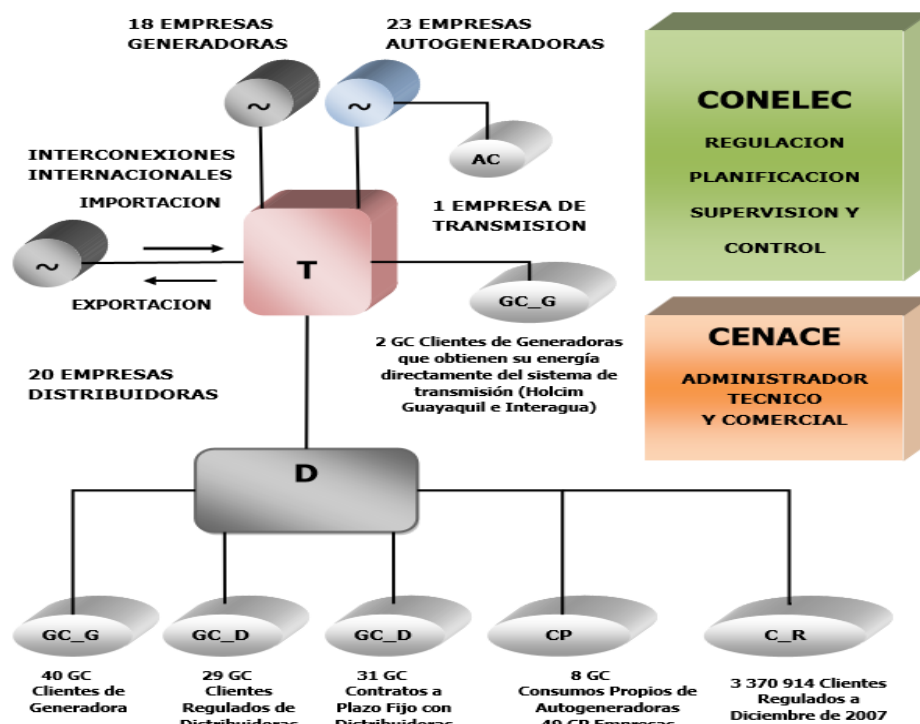
A la vez se crearon: las empresas Generación para manejar las centrales de generación de cualquier tipo (hidráulicas, térmicas, eólicas, etc.) y la empresa única de Transmisión para llevar la energía desde los puntos de entrega de los generadores hasta los puntos de consumo de los distribuidores. Se mantuvieron las empresas de distribución que se conformaron en el tiempo de INECEL, para suministrar de energía eléctrica a los usuarios finales dentro de su área permitida (Figura 4).



**Figura 4: Actividades en el Sistema Eléctrico**

Fuente: CENACE, Dirección de Operaciones, Operación del SNI, 2011

En este mismo año inició su funcionamiento el Mercado Eléctrico Mayorista – MEM, (administrado por el CENACE) como un modelo cuyo esquema era “competitivo” en la actividad de generación y se centralizaron en él todas las transacciones asociadas al suministro de electricidad establecidas entre los diferentes Agentes, incluso las transacciones de exportación o importación de energía (disponibles a partir de marzo del 2003); sin embargo, el cambio en el modelo del sector eléctrico no resultó como se esperaba, pues hasta el año 2006 las pocas inversiones realizadas en generación presentaban serias deficiencias para cubrir la creciente demanda, las tarifas aplicadas no eran suficientes para cubrir los costos de producción de las generadoras y varias distribuidoras registraban pérdidas considerables. A diciembre del 2007, la estructura del MEM era la detallada en la Figura 5:



**Figura 5: El Mercado Eléctrico Mayorista**

Fuente: CENELEC, Boletines Estadísticos, 2007

*Nota: AC: Autoconsumo, se refiere a la energía producida y consumida por las empresas autogeneradoras, sin necesidad de utilizar los sistemas de transmisión y distribución; GC: Grandes Consumidores; GC\_G: Grandes consumidores clientes de empresas generadoras; GC\_D: Grandes consumidores clientes de empresas distribuidoras; CP: Grandes consumidores que funcionan como consumos propios de empresas autogeneradoras.*

En julio del 2007, dada la importancia estratégica de la energía eléctrica en el desarrollo nacional, se creó el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable – MEER como ente responsable de “satisfacer las necesidades de energía eléctrica del país, mediante la formulación de normativa pertinente, planes de desarrollo y políticas sectoriales para el aprovechamiento eficiente de sus recursos” (MEER, 2007).

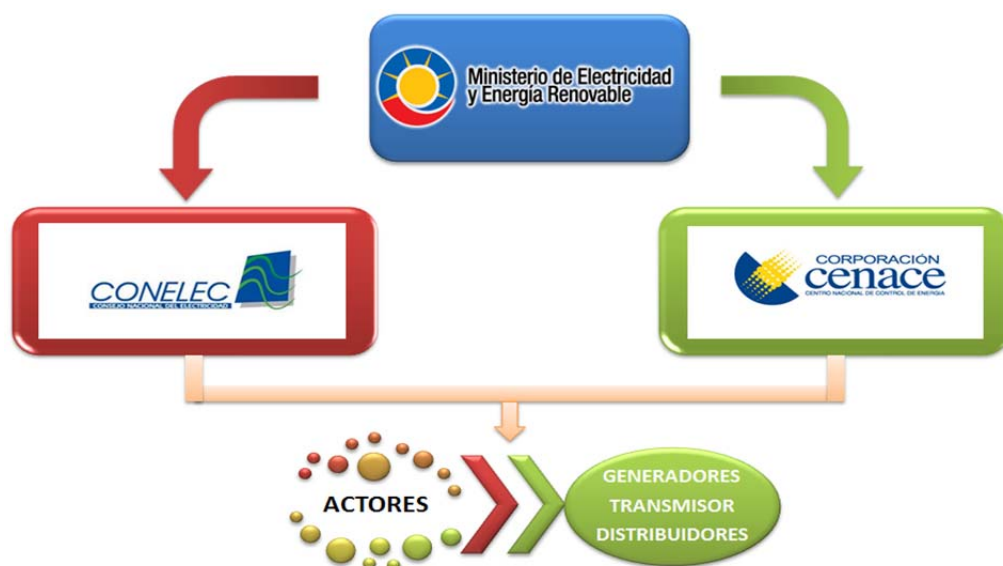
En julio del 2008, se promulgó el Mandato Constituyente N° 15 y se eliminó el modelo de mercado mayorista (MEM) volviendo al modelo integrado en el que el Estado tomó el control del sector estratégico; como efecto de dicho Mandato, el MEER asumió la conducción del sector eléctrico.

En el 2009 se conformó la Corporación Nacional de Electricidad – CNEC como una empresa distribuidora integrada por unidades regionales que fusionó 10 de las distribuidoras existentes en ese año. También se creó la Corporación Eléctrica del Ecuador – CELEC que abarcó a 3 empresas de generación térmica, 3 empresas de generación hidráulica y la única empresa de transmisión.

Los problemas de falta de inversión, aunados a las críticamente bajas condiciones hidrológicas y a la disminución de oferta desde Colombia, provocaron que entre noviembre del 2009 y enero del 2010, nuevamente se registren racionamientos de energía a nivel nacional.

A partir de entonces inició una etapa de ingreso de nuevas unidades generadoras, con el objetivo de contar con una adecuada reserva que permitiera garantizar la continuidad del suministro eléctrico, sin depender de las interconexiones con otros países, ni de la hidrología.

De esta manera ha evolucionado el sector eléctrico ecuatoriano, presentando en la actualidad la siguiente estructura (Figura 6):



**Figura 6: El Sector Eléctrico Ecuatoriano**

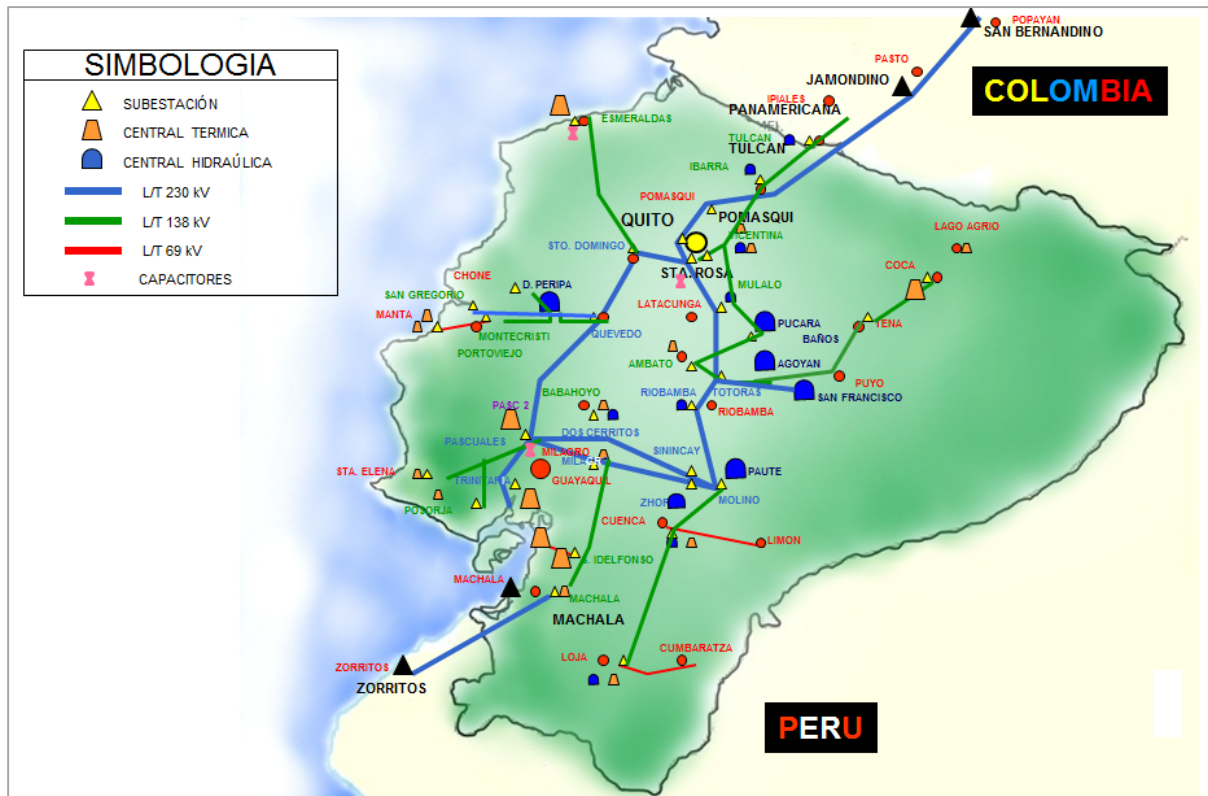
Fuente: CENACE, Área de Análisis de la Operación, Sector Eléctrico: Estructura, 2012

Al 2013 en el sistema eléctrico ecuatoriano se gestiona un volumen transaccional de energía de alrededor del 21000 GWh (gigavatios – hora) y una liquidación financiera del orden de mil millones de dólares al año.

### 2.2.2. El Sistema Nacional Interconectado - SNI

“Es el sistema integrado por los elementos del Sistema Eléctrico conectados entre sí, el cual permite la producción y transferencia de energía eléctrica entre los centros de generación y centros de consumo, dirigido a la prestación del servicio público de suministro de electricidad” (CIP, 2009).

Conforme lo esquematiza la Figura 7, el SNI incluye los siguientes elementos: subestaciones, centrales de generación, líneas de transmisión, líneas de subtransmisión, capacitores, reactores e interconexiones internacionales. Cada uno con una función específica, pero que en conjunto permiten abastecer de energía al país en condiciones de calidad y economía.



**Figura 7: El Sistema Nacional Interconectado**

Fuente: CENACE, Área de Análisis de la Operación, Resumen Operación SNI, 2012

*Nota: L/T = línea de transmisión*

A continuación se presentan algunos datos estadísticos relevantes del sistema, obtenidos de la información procesada en el Área de Análisis de la Operación - AADO.

### 2.2.2.1. Interconexiones Internacionales

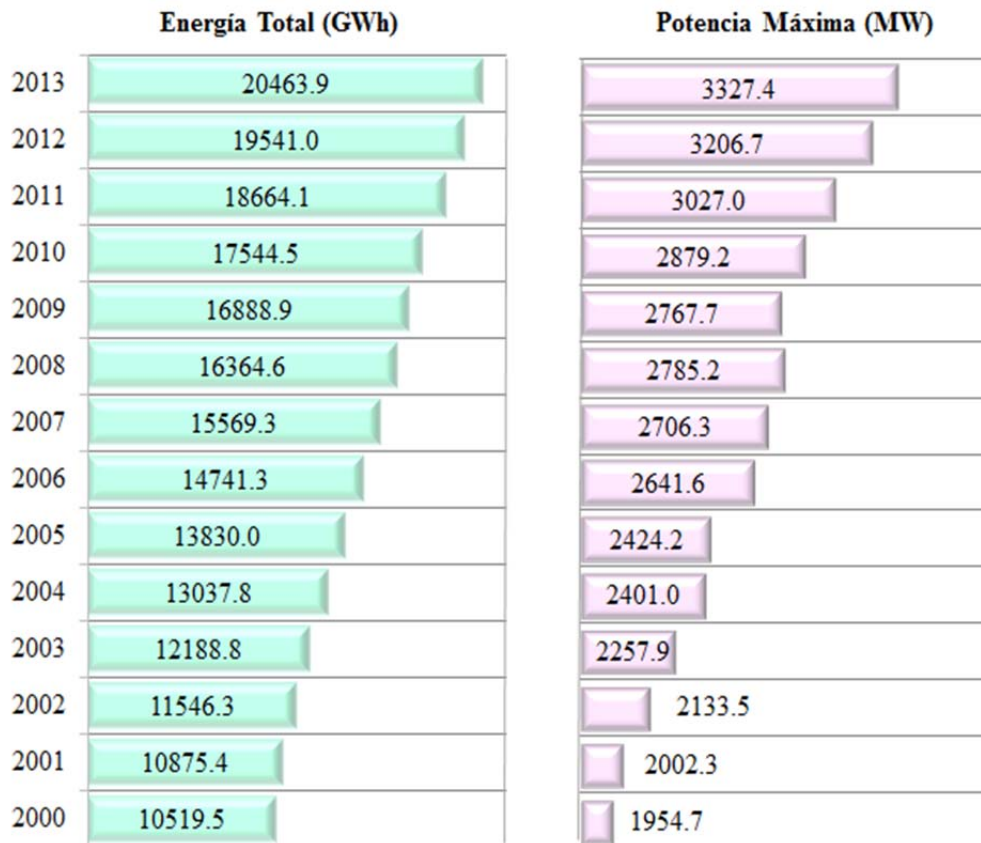
Al momento existen tres interconexiones: dos con Colombia y una con Perú:

- En 1998 ingresó la primera interconexión internacional con Colombia a través de la línea de transmisión de 138 kV (1 kV = 1 kilovoltio = 1000 voltios), uniendo las subestaciones Tulcán de Ecuador y Panamericana de Colombia.
- En marzo del 2003, entró en funcionamiento la segunda interconexión internacional con Colombia a través de una línea de transmisión de 230 kV a doble circuito entre las subestaciones Pomasqui de Ecuador y Jamondino de Colombia; este enlace fue fortificado en el 2008 con la construcción de dos circuitos adicionales.

- En el 2004, se construyó una línea de transmisión a 230 kV entre la subestación Machala de Ecuador y Zorritos de Perú, que es usada de manera eventual.

#### 2.2.2.2. Demandas

En el periodo 2000 – 2013, la evolución de las demandas de potencia y energía se muestra en la Figura 8:



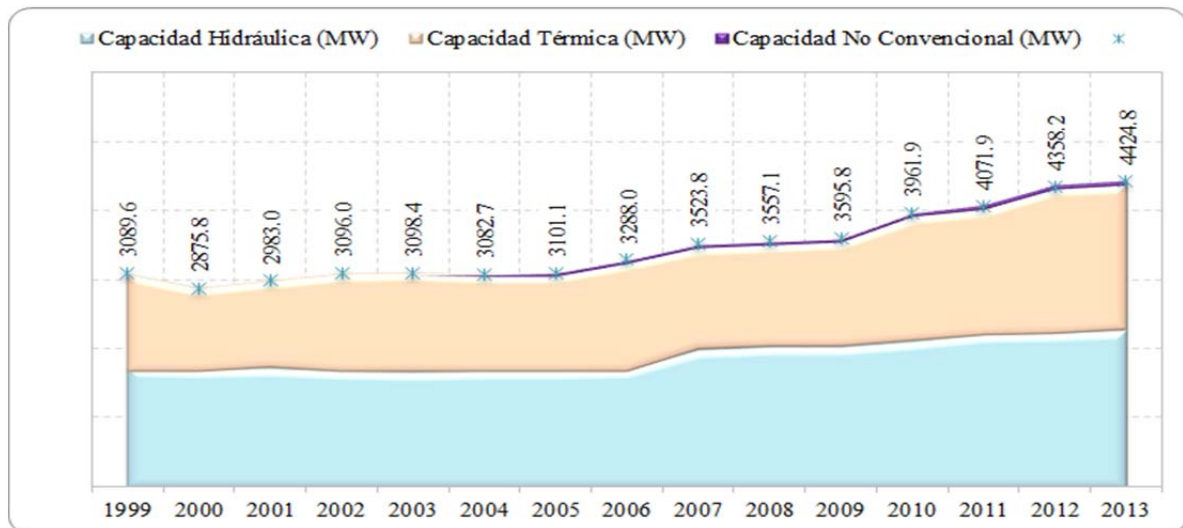
**Figura 8: Evolución de demandas de potencia y energía (2000 – 2013)**

Fuente: CENACE, Área de Análisis de la Operación, Resumen Operación SNI, 2013

La tendencia de crecimiento es positiva registrándose valores de 94.5% y 70.2% respectivamente para energía y potencia. No obstante, si bien de año a año la tendencia del crecimiento es positiva, en el año 2009 en el que se registraron racionamientos, los crecimiento en energía y potencia alcanzaron los mínimos históricos con valores de 3.2% y -0.6%, respectivamente.

### 2.2.2.3. Capacidad Instalada

Este término tiene relación con el total de potencia de las unidades de generación nacionales (sin considerar las importaciones por las interconexiones internacionales), con que se cuenta para abastecer la demanda nacional en condiciones de seguridad y calidad. La evolución de 1999 al 2013 se muestra en la Figura 9.



**Figura 9: Evolución de la capacidad instalada de generación (1999 – 2013)**

Fuente: CENACE, Área de Análisis de la Operación, Potencia instalada, 2013

### 2.2.2.4. Actores

La Tabla 1 tabula el número de Agentes en el periodo 2008 - 2013. El Anexo 1 amplía una descripción de los mismos, vigentes en el 2013.

Tabla 1:

**Número de Agentes del Sector Eléctrico**

Actores	Año					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Generadores	12	12	12	13	23	25
Distribuidores	19	19	19	19	10	19
Grandes Consumidores	55	5	2	1	0	0

**Fuente:** CENACE, Análisis y Control, Informes Anuales

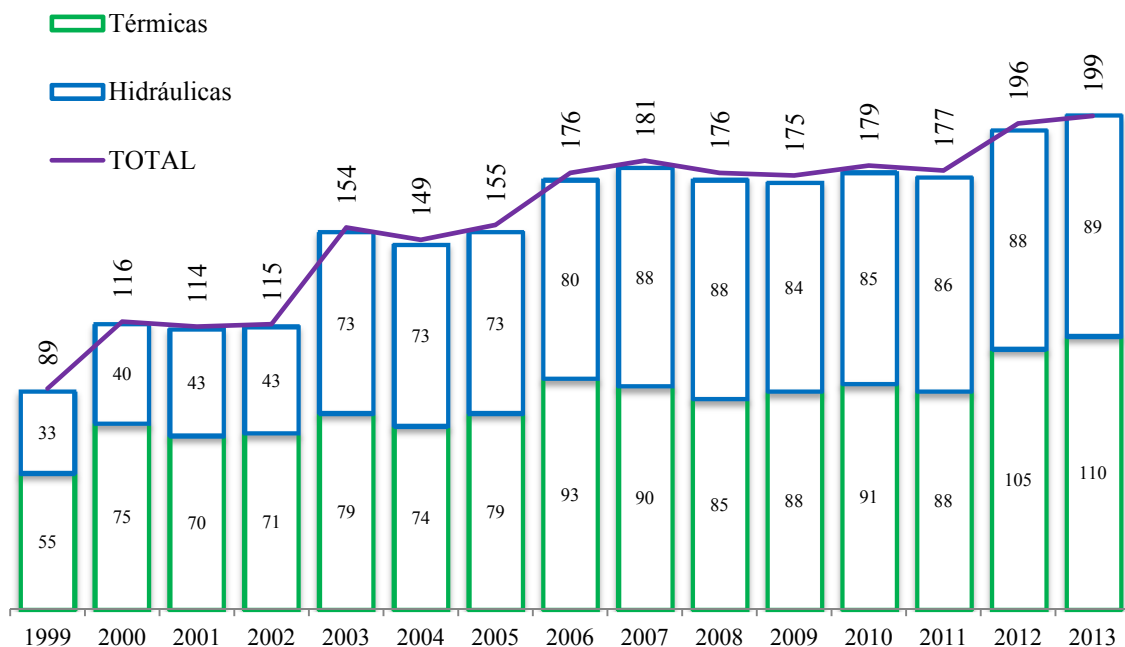
### 2.2.2.5. Periodos estacionales

En el Ecuador se distinguen dos periodos estacionales determinados por las condiciones hidrológicas de la zona oriental en donde al momento se encuentran ubicadas las principales centrales generadoras como Paute, Agoyán, San Francisco y Mazar; dichos periodos son:

- Periodo seco, comprendido entre los meses de Octubre a Marzo (del año siguiente), y
- Periodo lluvioso, comprendido entre los meses de Abril a Septiembre de un mismo año.

### 2.2.2.6. Unidades de generación:

El parque generador está integrado por unidades hidráulicas y térmicas (que incluyen las de energía no convencional); el número total a partir de 1999 se muestra en la Figura 10.



**Figura 10: Tipo y número de unidades de generación (1999 – 2013)**

Fuente: CENACE, Área de Análisis de la Operación, Indisponibilidad 1999 – 2013



Cabe mencionar que la operación de las unidades de generación se supedita al periodo estacional, es así que durante el periodo lluvioso, se intensifica la producción con las unidades hidráulicas, mientras que las unidades térmicas operan para satisfacer condiciones de calidad en el servicio como control de voltaje, control de flujo, seguridad, etc.

Por otro lado, durante el periodo seco en el que se registran bajos caudales en la zona oriental del país, se reduce la producción con unidades hidráulicas y se incrementa la generación de las unidades térmicas.

#### **2.2.2.7. Elementos de transmisión:**

Al 2013, el tipo y número de elementos que conforman el sistema de transmisión, se tabula en la Tabla 2.

Tabla 2:

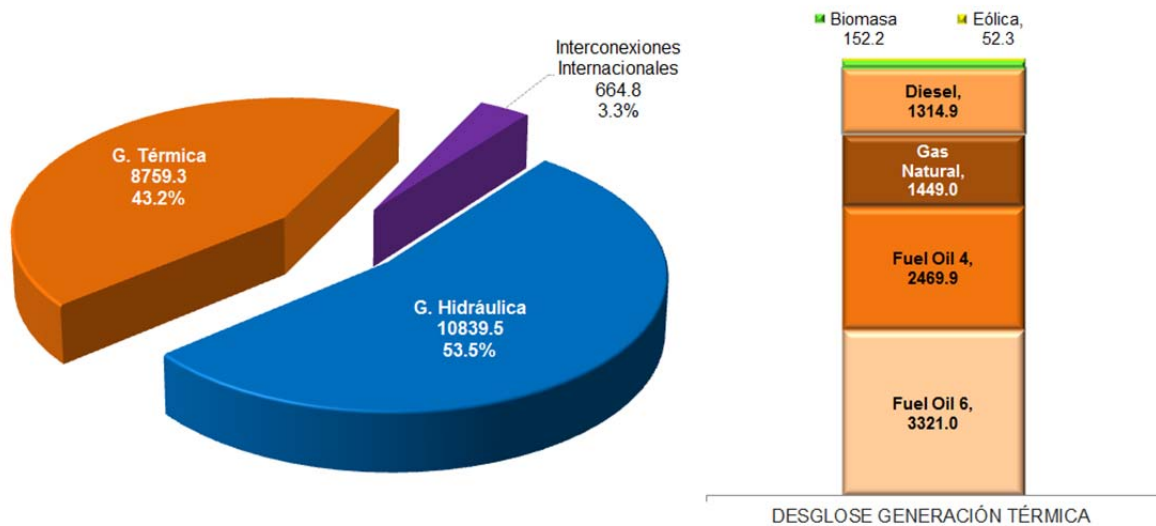
#### **Elementos de transmisión**

Elemento	Número
Subestaciones	100
Transformadores	55
Líneas de transmisión	90
Reactores	11
Capacitores	27

**Fuente:** CENACE, Área de Análisis de la Operación, Reporte Operativo, 2013

#### **2.2.2.8. Composición energética del parque generador:**

A diciembre del 2013, la producción de energía fue cubierta mayoritariamente con generación de las centrales hidráulicas; por su parte las interconexiones internacionales con Colombia y Perú aportaron con el 3.3% y el resto lo produjeron las centrales térmicas que utilizan combustibles como; fueloil6, fueloil4, diesel, gas natural, biomasa y nafta, el detalle se muestra en la Figura 11.



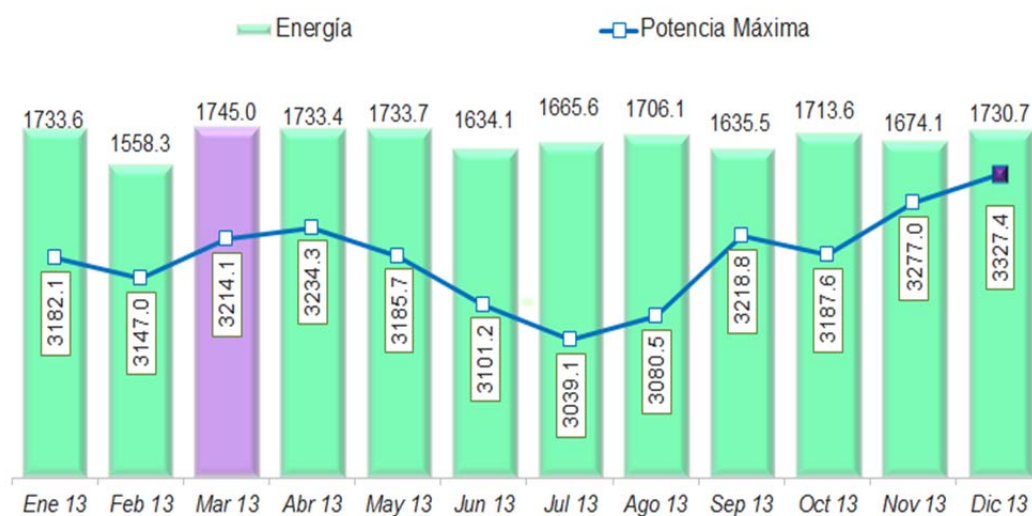
**Figura 11: Composición energética del parque generador 2013**

Fuente: CENACE, Área de Análisis de la Operación, Resumen Operación SNI, 2013

*Nota: Los datos de energía se muestran en Gigawatios-hora - GWh*

#### 2.2.2.9. Porcentajes de crecimiento de demandas:

El comportamiento de las demandas mensuales de energía y potencia para el 2013 se muestra en la Figura 12; en la misma se puede apreciar los meses que registran los máximos valores. Adicionalmente se tiene que el porcentaje promedio de crecimiento anual fue del 3.6% en energía y del 4.5% en potencia.



**Figura 12: Demandas mensuales de potencia y energía - 2013**

Fuente: CENACE, Área de Análisis de la Operación, Resumen Operación SNI, 2013

### 2.3. LA CORPORACIÓN CENACE

El CENACE es el operador del sistema eléctrico de potencia en su conjunto, y en forma particular de la red de generación – transmisión. Constituye el organismo que decide dónde producir la energía, cómo transportarla, cómo entregarla en el mismo momento que es requerida por el usuario o, en forma más apropiada, requerida por los miles de usuarios de cada empresa distribuidora. (CENACE, 2013, p.36)

El Manual del Sistema de Gestión (2013) señala que el CENACE fue establecido en base a lo expuesto en el artículo 22 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (publicada en el suplemento del Registro Oficial No. 43 del jueves 10 de octubre de 1996) y comenzó su funcionamiento el 1 de febrero de 1999, constituyéndose como una corporación civil de derecho privado de carácter eminentemente técnico y sin fines de lucro, que bajo el esquema de monopolio se encarga de garantizar en el Ecuador, el servicio eléctrico en condiciones de seguridad, calidad y economía, a través de una supervisión continua las 24 horas del día y los 365 días del año. La Figura 13 sintetiza sus funciones y clientes.



**Figura 13: Funciones y clientes del CENACE**

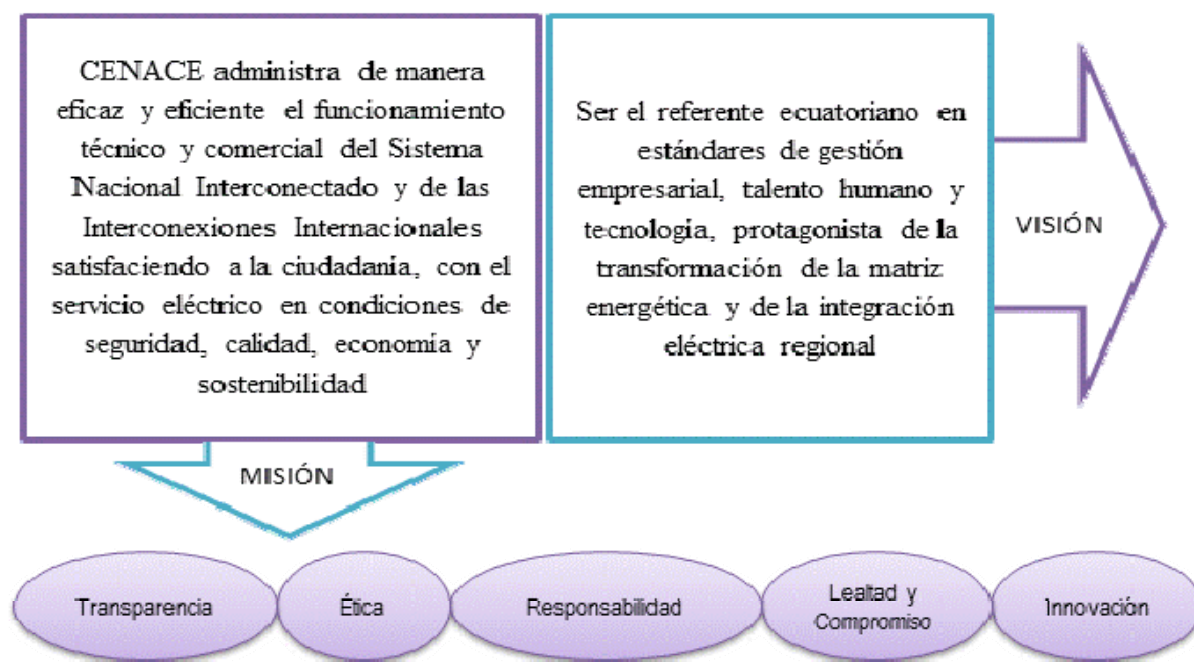
Fuente: CENACE, Análisis y Control, Reporte de Gestión para el Premio Nacional de Calidad, 2007

Entre las principales funciones que le asigna la Ley del sector eléctrico están:

- La planificación operativa;
- La coordinación y control, en tiempo real, tanto de la operación como del mantenimiento del Sistema Nacional Interconectado;
- La administración técnica – financiera de las transacciones que se realicen en el Mercado Eléctrico, debiendo resguardar las condiciones de eficiencia, calidad, confiabilidad y seguridad de la operación del Sistema Nacional Interconectado;
- La coordinación entre las Empresas de Generación, Transmisión y Distribución o Grandes Consumidores, así como entre los importadores y exportadores de energía, en las distintas actividades que éstos tienen que realizar;
- La operación, mantenimiento y desarrollo de los sistemas e infraestructura de supervisión y control de su propiedad;
- Generar y difundir toda la información operativa. (CENACE, 2013, p.37)

### 2.3.1. Misión – Visión - Valores

La misión, visión y valores en los que el CENACE fundamenta su accionar, se muestran en la Figura 14:



**Figura 14: Misión, Visión y Valores del CENACE**

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Planificación Estratégica 2014-2017, 2014

**Transparencia:** CENACE aplica las disposiciones de la legislación del Sector Eléctrico, de los reglamentos y acuerdos respectivos, de forma objetiva y auditable. Para lo cual ejecuta los procedimientos y procesos respectivos, brindando acceso a la información, facilitando la realización de auditorías; y, propiciando la participación proactiva de los integrantes del Mercado Eléctrico Ecuatoriano.

**Ética profesional:** Los colaboradores de CENACE actúan en concordancia con el Código de Ética Interno y con los Códigos de Ética Profesional aplicables, ejerciendo sus responsabilidades con honestidad, objetividad y diligencia, a fin de conseguir un desempeño laboral que precautele el prestigio institucional y personal.

**Responsabilidad:** CENACE responde a los diferentes actores del Sector Eléctrico y la Sociedad con integridad por las actividades propias en los procesos y por la del personal de la institución, a fin de conseguir la eficacia y eficiencia en los resultados contemplados en su Sistema de Gestión y la sostenibilidad y sustentabilidad social y ambiental.

**Innovación:** CENACE busca continuamente en la ciencia y en la tecnología mejores formas de cumplir sus atribuciones, a fin de contribuir al mejoramiento continuo de la Corporación y de la calidad de vida de la sociedad, contribuyendo al Buen Vivir.

**Lealtad y Compromiso:** Los miembros del CENACE demuestran fidelidad y pertenencia, identificándose y contribuyendo al cumplimiento de la misión, visión, valores y objetivos de la Institución. (CENACE, 2007, p.i)

### **2.3.2. Sistema de Gestión de Calidad**

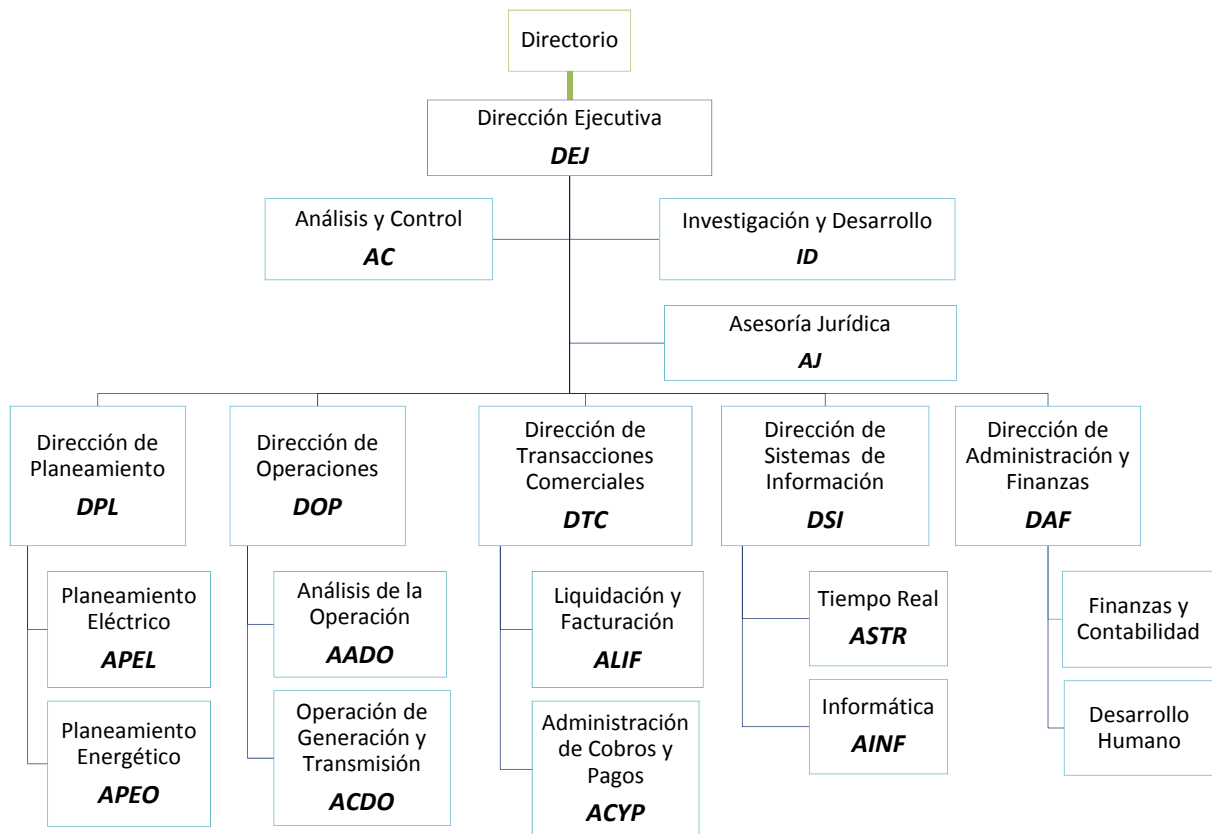
Desde el año 2003, el CENACE mantiene un Sistema de Gestión de Calidad basado en la mejora continua de los procesos, certificado bajo las normas ISO 9001:2000 hasta el 2009 y en adelante, bajo las normas ISO 9001:2008.

En el 2007 se llevó a cabo un proceso de autoevaluación y diagnóstico basado en el Modelo Malcolm Baldrige que considera siete criterios de excelencia: liderazgo; planeación estratégica; enfoque al cliente y mercado; medición, análisis y gerencia del conocimiento; enfoque al recurso humano; gestión de procesos y resultados del negocio, con lo cual, en noviembre del mismo año, obtuvo la Medalla de Oro a la Excelencia otorgada por la Corporación Ecuatoriana de Calidad Total (CENACE, 2013). Cabe mencionar que de las empresas del sector eléctrico ecuatoriano, el CENACE fue el pionero en obtener las dos distinciones.

Adicionalmente el modelo organizativo se está complementando con la implantación de un modelo de responsabilidad social empresarial empleando como referencia el Global Reporting Initiative y la norma ISO 26000.

### 2.3.3. Estructura Organizacional

El CENACE está conformado por seis Direcciones entre técnicas y administrativas, mismas que a su vez se subdividen en Áreas específicas dependiendo de los procesos que realicen. Lo indicado se despliega en la Figura 15.



**Figura 15: Estructura organizacional del CENACE**

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Manual del Sistema de Gestión revisión 34, 2013

El **Directorio** es la máxima autoridad y está constituido por: un representante de la Presidencia de la República quien lo preside, dos delegados de las empresas de generación y distribución, un delegado de la empresa de transmisión, un delegado de los Grandes Consumidores y el Director Ejecutivo. Su principal función es la definición de los lineamientos estratégicos orientados a mejorar y garantizar la adecuada administración técnica y financiera del sistema eléctrico ecuatoriano.

La **Dirección Ejecutiva** gestiona estratégicamente todas las áreas en base a la visión de convertir al CENACE en el administrador no solo del sistema eléctrico nacional, sino del

sistema eléctrico de la Región Andina (conformado por Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia).

El Manual de Procesos del CENACE (2013) establece como principales funciones de cada Dirección, las siguientes:

**Dirección de Planeamiento:** Planifica la operación de largo, mediano y corto plazo del sistema eléctrico nacional para resguardar el suministro de energía eléctrica con seguridad, calidad y economía mediante la eficiente administración de los recursos de generación, transmisión, distribución e interconexiones internacionales.

**Dirección de Operaciones:** Supervisa, controla y coordina en tiempo real, la operación del sistema nacional interconectado, también realiza el análisis post-operativo para evaluar la operación ejecutada y genera la información para la liquidación de las transacciones nacionales e internacionales.

**Dirección de Transacciones Comerciales:** Mediante el análisis técnico y económico efectúa la liquidación de la operación, determinando los valores que se deben facturar por la generación de la energía entregada a las empresas de distribución, así como la liquidación de las transacciones internacionales de electricidad.

**Dirección de Sistemas de Información:** Administra la infraestructura de los sistemas de información, telecomunicaciones y control de energía para atender los requerimientos que demande el sector eléctrico.

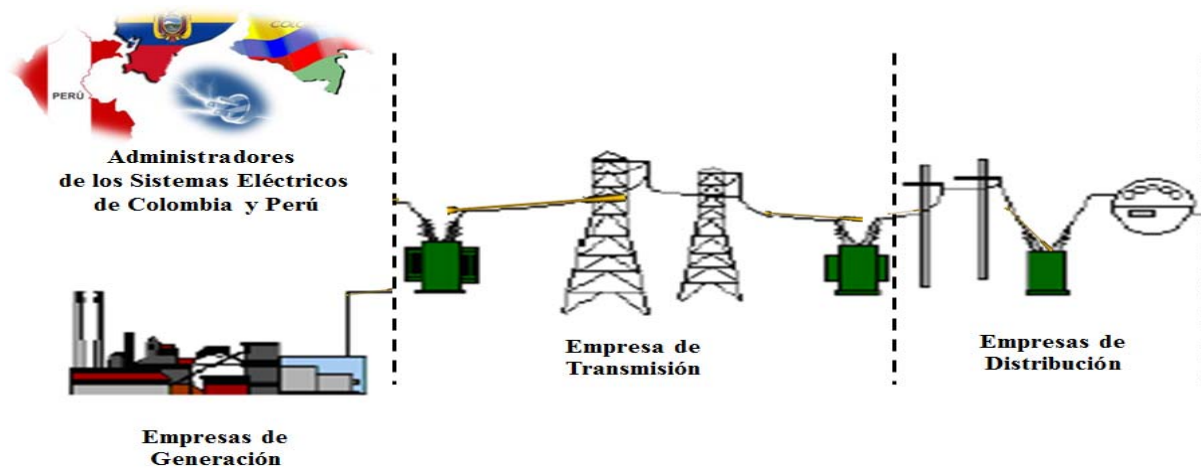
**Dirección de Administración y Finanzas:** Realiza la gestión financiera y administrativa de acuerdo a las normas legales y la optimización de los recursos disponibles.

**Análisis y Control:** Realiza el seguimiento de la gestión de calidad estableciendo los objetivos de largo y mediano plazos.

**Investigación y Desarrollo:** Brinda asesoramiento para consolidar al CENACE como una institución de conocimiento e investigación.

### 2.3.4. Clientes y Partes Interesadas

Los clientes se identifican en la Figura 16. En relación a las partes interesadas, el CENACE entrega información técnica y/o comercial del sistema eléctrico a los Ministerios, CONELEC, Petrocomercial, Entidades Públicas, Entidades Privadas, Universidades, etc.

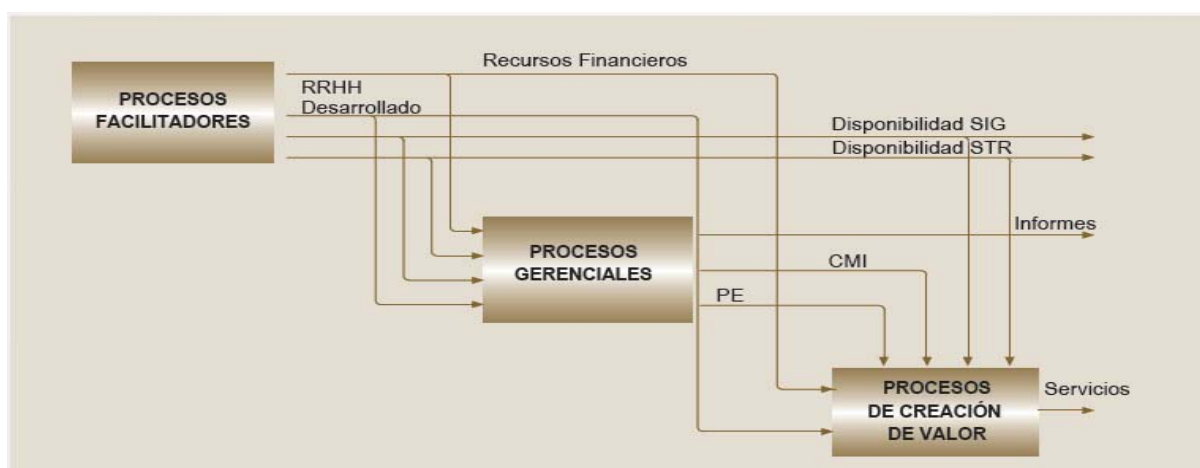


**Figura 16: Clientes del CENACE**

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Reporte de Gestión para el Premio Nacional de Calidad, 2007

### 2.3.5. Procesos

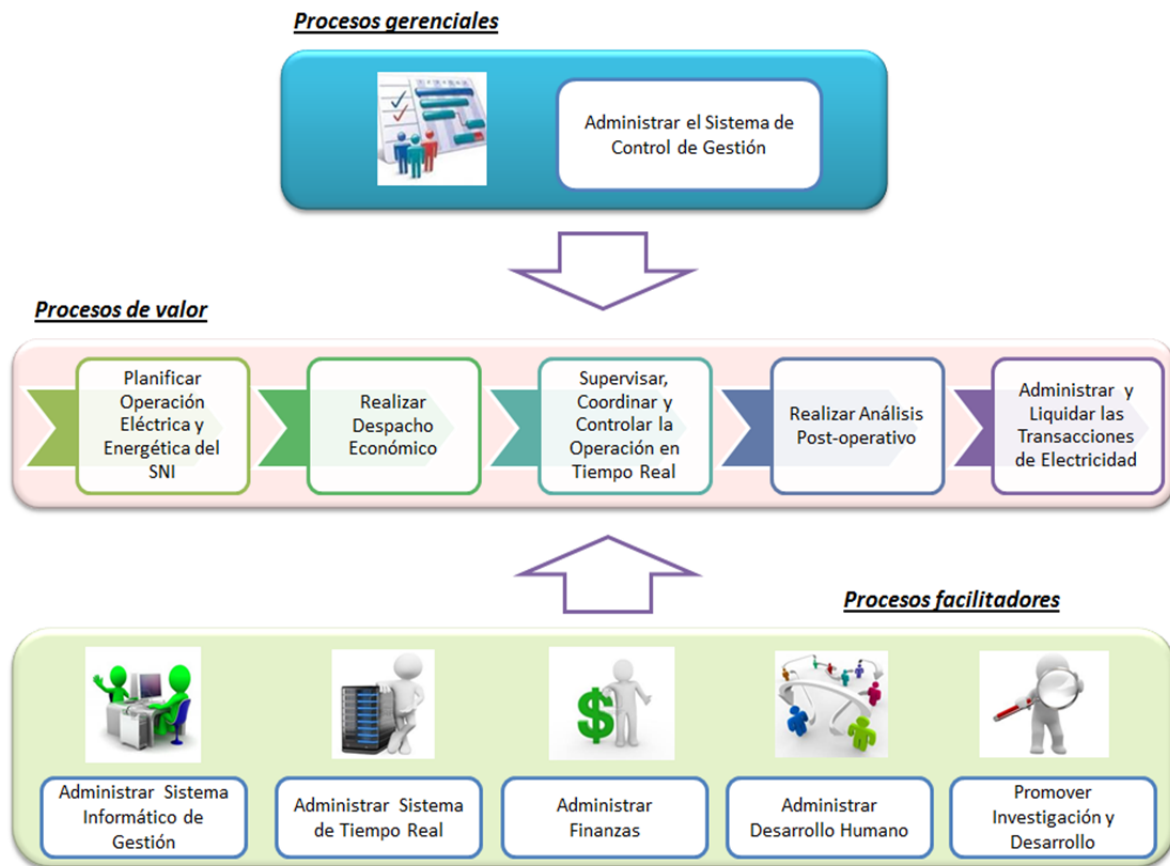
Los procesos del CENACE se clasifican en: gerenciales, facilitadores y de creación de valor, y se interrelacionan tal como se esquematiza en la Figura 17 y en la Figura 18.



**Figura 17: Procesos del CENACE**

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Reporte de Gestión para el Premio Nacional de Calidad, 2007





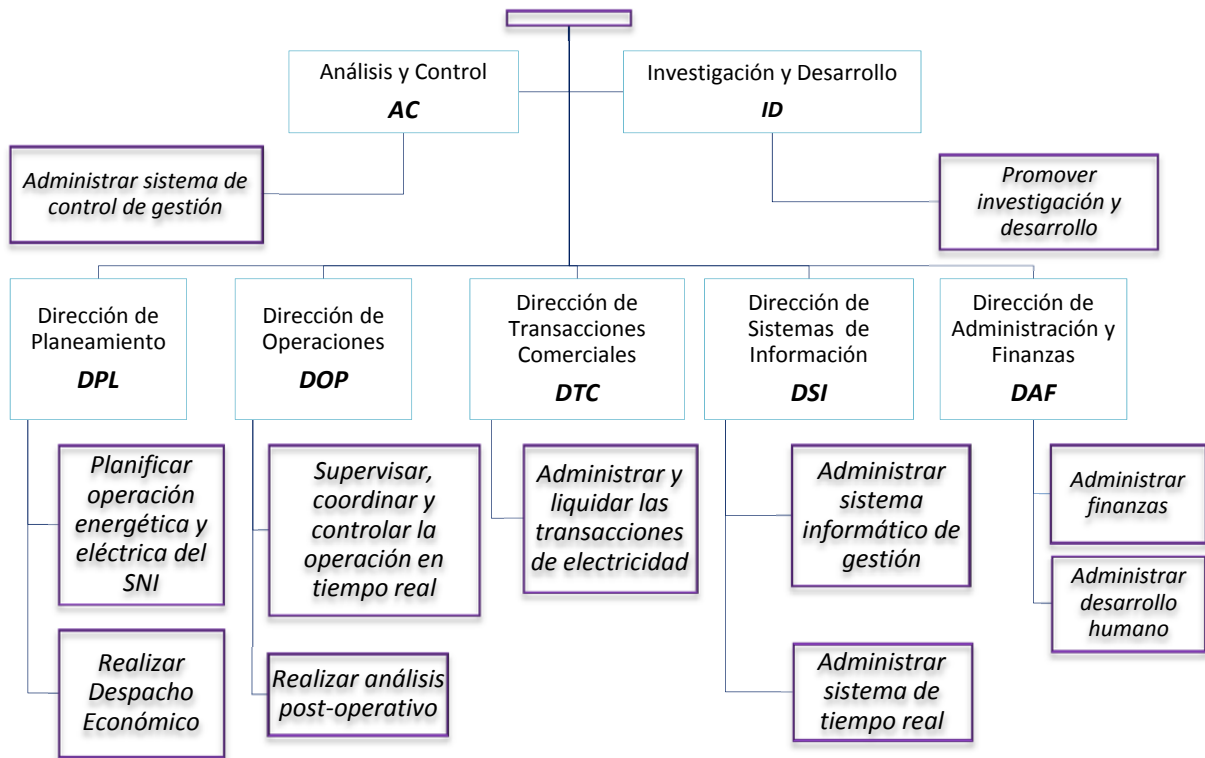
**Figura 18: Procesos gerenciales, facilitadores**

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Manual de Procesos, 2013

Todos los procesos se encuentran caracterizados en manuales, procedimientos e instructivos donde se detallan las responsabilidades, entradas, recursos, actividades, puntos de medición y control, salidas o productos, verificación, manejo, almacenamiento y disposición. Adicionalmente observan los pasos del círculo de mejora de Deming relacionados con planificar, hacer, verificar y actuar.

Los estándares de calidad y oportunidad que miden el desempeño de los procesos, se encuentran establecidos ya sea en la Actas de Compromiso de cada Dirección, o en los contratos Cliente – Proveedor pactados, mismos que evalúan la oportunidad y calidad de los productos entregados y que son negociados con periodicidad anual.

La Figura 19 muestra los macroprocesos y las áreas en las que se desarrollan:



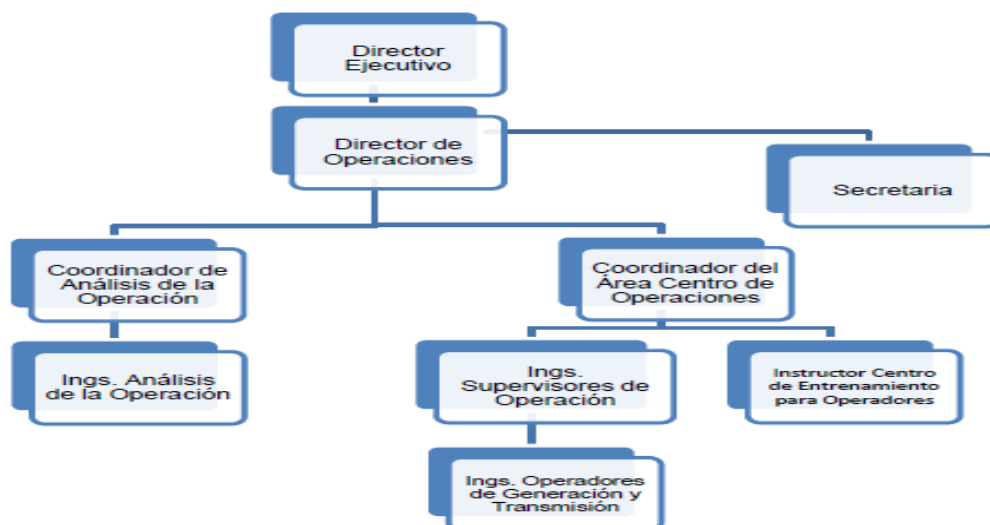
**Figura 19: Macroprocesos por Dirección**

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Manual de Procesos, 2013

## 2.4. LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES (DOP)

Ya que el presente trabajo se enfoca en mejorar los procesos de la Dirección de Operaciones - DOP, la Figura 20 detalla ciertos aspectos relacionados como su organigrama, visión y misión.

### DIRECCIÓN DE OPERACIONES ORGANIGRAMA POSICIONAL





**Figura 20: Organigrama, misión y visión de la DOP**

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Plan estratégico DOP 2011 – 2015

#### **2.4.1. Funciones de la Dirección de Operaciones**

El Manual de Responsabilidades y Perfil de Competencias (2013) enumera varias funciones, de entre las cuales las principales son las siguientes:

- Supervisar y coordinar la operación en tiempo real del Sistema Nacional Interconectado – SNI e interconexiones internacionales, bajo los parámetros de seguridad, calidad y economía establecidos en la normativa vigente.
- Coordinar la ejecución del Despacho Económico Diario Programado o Redespacho vigente en los términos establecidos, preservando la seguridad y calidad del servicio.
- Realizar los análisis previos y posteriores a la operación, con el fin de buscar la optimización permanente, particularmente en el cumplimiento de los parámetros de seguridad y calidad establecidos.
- Procesar la información requerida por la Dirección de Transacciones Comerciales, dentro del ámbito de la gestión operativa, para elaborar las liquidaciones comerciales.
- Coordinar la ejecución de los mantenimientos de las instalaciones y el ingreso de nuevas instalaciones de la Empresa de Transmisión, de los clientes del sector e interconexiones internacionales, sin afectar la operación del Sistema Nacional Interconectado o minimizando su efecto.
- Efectuar los redespachos cuando se presenten las causales previstas en los procedimientos respectivos, que imposibiliten mantener el despacho programado, determinando los nuevos precios marginales horarios.
- Supervisar el cumplimiento de los índices de desempeño de los productos resultantes de los diferentes procesos a cargo de la Dirección de Operaciones. (CENACE, 2013)

## **2.4.2. Áreas de la Dirección de Operaciones**

Para cumplir con su misión, la Dirección de Operaciones está dividida en dos áreas:

### **2.4.2.1. Área Centro de Operaciones (ACDO)**

Realiza la administración técnica de todos los recursos del Sistema Nacional Interconectado (SNI): fuentes de generación, red de transmisión, interconexiones internacionales e interconexiones con las empresas distribuidoras.

En esta área laboran 17 funcionarios de los cuales: 4 son supervisores y 13 son operadores que indistintamente pueden ser de generación o transmisión y que cubren todos los días, en grupos de tres (1 supervisor, 1 operador de generación y un operador de transmisión) los siguientes turnos: Día - D (de 07:00 a.m. a 15:00 p.m.), Tarde - T (de 15:00 p.m. a 23:00 p.m.) y Noche – N (de 23:00 p.m. a 07:00 a.m. del día siguiente).

### **2.4.2.2. Área de Análisis de la Operación (AADO):**

Analiza la operación del SNI e Interconexiones Internacionales y genera información estadística y operativa para la ejecución de los procesos técnicos, comerciales y de gestión de otras direcciones del CENACE.

En esta área laboran diariamente 6 funcionarios en jornadas de 07:30 a.m. a 16:30 p.m. los días laborables y 1 solo funcionario en los no laborables (en un lapso aproximado de 6 horas) para los turnos de fin de semana y días feriados.

### **2.4.2.3. Procesos de la Dirección de Operaciones**

Dos son los macroprocesos de la Dirección de Operaciones: Supervisar, Controlar y Coordinar la Operación en Tiempo Real ejecutado por el ACDO y, Realizar Análisis Post-operativo ejecutado por el AADO. El total de procesos y subprocesos es 11 y 19, respectivamente. El desglose se muestra en la Tabla 3.

Tabla3:

**Macroprocesos, Procesos y Subprocesos de la Dirección de Operaciones**

MACROPROCESO	PROCESO	SUBPROCESO
P.3. SUPERVISAR, COORDINAR Y CONTROLAR LA OPERACIÓN EN TIEMPO REAL	P.3.1. Supervisar, Controlar y Coordinar la Operación del SNI	P.3.1.1. Supervisar y Controlar los Voltajes y Flujos de Potencia
		P.3.1.2. Restablecer el Sistema en Condiciones de Emergencia
		P.3.1.3. Ejecutar Pruebas de Verificación de Parámetros
	P.3.2. Ejecutar el Despacho o Redespacho de Generación	P.3.2.1. Controlar la Generación y Frecuencia
		P.3.2.2. Calificación de Unidades de Generación en Tiempo Real
	P.3.3. Elaborar Redespacho de Generación	
	P.3.4. Autorizar la Ejecución de Mantenimientos	P.3.4.1. Mantenimientos Programados
		P.3.4.2. Mantenimientos Emergentes
	P.3.5. Coordinar la Ejecución de Mantenimientos	
	P.3.6. Administrar Centro de Entrenamiento de Operaciones	P.3.6.1. Sintonizar y Mantener el DTS
P.3.6.2. Entrenar a Personal de Operaciones del CENACE		
P.3.6.3. Entrenar a Personal de Operación de Agentes		
P.3.7. Administrar Centro de Operaciones	P.3.7.1. Administración del Personal del Área Centro de Operaciones	
	P.3.7.2. Administración el Ingreso al Área Centro de Operaciones	
P.4. REALIZAR ANÁLISIS POST OPERATIVO	P.4.1. Preparar Información Operativa	P.4.1.1. Validar y Preparar Información Operativa Diaria
		P.4.1.2. Preparar Información Operativa para DTC
	P.4.2. Analizar la Operación en Condiciones Normales y de Emergencia	P.4.2.1. Realizar Seguimiento de la Operación en Estado Estable
		P.4.2.2. Analizar Eventos
	P.4.3. Elaborar Estadística	P.4.3.1. Elaborar Estadística Operativa del SNI e Interconexiones
		P.4.3.2. Elaborar Estadística de Fallas del SNI e Interconexiones
	P.4.4. Gestionar Requerimientos	P.4.4.1. Gestionar Requerimientos

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Manual del Sistema de Gestión, 2013

### 3 LA METODOLOGÍA SIX SIGMA

Como premisa, la Tabla 4 define términos que se emplean en este capítulo:

#### 3.1. DEFINICIONES BÁSICAS

Tabla 4:

**Glosario de términos**

<b>C</b>	
<i>Capacidad de un proceso</i>	“Consiste en conocer la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada; esto permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria (cumple especificaciones)” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.100).
<i>Causas de Variación</i>	Las causas de variación pueden ser comunes (también conocidas como naturales o aleatorias) o especiales (también conocidas como asignables o imputables) y dependiendo del tipo, tienen tratamientos completamente distintos. Las causas comunes dan lugar a variaciones pequeñas y por tanto predecibles, mientras que las causas especiales producen variaciones importantes e impredecibles que pueden provocar inestabilidad en el proceso (Vilar, 2005).
<i>CTQ's</i>	Critical to Quality. Siglas en inglés que significan crítico para la calidad y “son los parámetros de calidad interna crítica que se refieren a los deseos y necesidades de los clientes” (Villagómez, 2010).
<b>D</b>	
<i>Defecto</i>	Cualquier producto o servicio que incumple los requisitos especificados por el cliente.
<i>Defectos por unidad - DPU</i>	“Métrica de calidad que es igual al número de defectos encontrados entre el número de unidades inspeccionadas. No toma en cuenta las oportunidades de error” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.114).
<i>Defectos por oportunidad - DPO</i>	“Métrica de calidad que es igual al número de defectos encontrados entre el total de oportunidades de error al producir una cantidad específica de unidades” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.114).
<i>Defectos por millón de oportunidades - DPMO</i>	“Métrica Seis Sigma para procesos de atributos que cuantifica los defectos esperados en un millón de oportunidades de error” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.114).
<i>Desviación estándar</i>	“Medida de la variabilidad que indica qué tan esparcidos están los datos con respecto a la media” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.21).

F	<i>Desviación estándar del proceso</i>	“Refleja la variabilidad de un proceso. Para su cálculo se debe utilizar un número grande de datos que hayan sido obtenidos en el transcurso de un lapso de tiempo amplio” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.21).
	<i>Dispersión</i>	Se asocia al grado de alejamiento de un conjunto de datos con respecto a su valor promedio.
	<i>Distribución Normal</i>	“Es una distribución continua cuya densidad tiene forma de campana” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.51).
	<i>Fuentes de Variación</i>	Las fuentes de variación en un proceso se clasifican en: material, métodos o procedimientos, maquinaria o equipos, mano de obra, personal o recurso humano, y medio ambiente.
	<i>Histograma</i>	“Representación gráfica de la distribución de un conjunto de datos o de una variable, donde los datos se clasifican por su magnitud en cierto número de clases. Permite visualizar la tendencia central, la dispersión y la forma de distribución” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.23).
L	<i>Límites de especificación</i>	“Son los valores entre los cuales debe estar la característica de calidad de un producto” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.123).
M	<i>Media</i>	“Medida de tendencia central que es igual al promedio aritmético de un conjunto de datos, que se obtiene al sumarlos y el resultado se divide entre el número de datos” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.19).
	<i>Mediana</i>	“Medida de tendencia central que es igual al valor que divide a la mitad a los datos cuando son ordenados de menor a mayor” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.19).
O	<i>Oportunidad de error</i>	“Cualquier parte de la unidad que puede medirse o probarse si es adecuada” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.114).
P	<i>Proceso</i>	“Es una serie de tareas de valor agregado que se vinculan entre sí para transformar un insumo en un producto (mercadería o servicio)” (Chang, 1996, p.8)
S	<i>Satisfacción del cliente</i>	“Es la percepción de éste acerca del grado con el cual sus necesidades o expectativas han sido cumplidas” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.5).

	<i>SPC</i>	Statistical Process Control, siglas en inglés que significan control estadístico de procesos.
	<i>Sigma</i>	Es una letra griega empleada para denotar la desviación estándar del proceso (Gutiérrez & De La Vara, 2009).
<b>T</b>		
	<i>Tendencia central</i>	“Valor en torno al cual los datos o mediciones de una variable tienen a aglomerarse o concentrarse” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.19).
	<i>Tiempo de ciclo</i>	“Es el tiempo que transcurre desde que el cliente inicia un pedido que se transforma en requerimientos de materiales, órdenes de producción y otras tareas, hasta que todo se convierte en un producto en la manos de éste” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.5).
<b>U</b>		
	<i>Unidad</i>	“Es la parte o producto que se elabora mediante un proceso” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.114).
<b>V</b>		
	<i>Variación</i>	“(…) La variación tiene como resultado una producción no idéntica de un producto o un servicio” (James, 1997, p.207). “Son los cambios acaecidos en el valor de la característica medida, siendo esta característica la respuesta de un proceso determinado” (Vilar, 2005, 21).

## 3.2. LA METODOLOGÍA SIX SIGMA

### 3.2.1. La Filosofía Six Sigma

A través del tiempo se han desarrollado varias metodologías de mejoramiento de la calidad, una de ellas es Six Sigma, que tuvo sus orígenes en la década de los 80's, cuando el ingeniero Mikel Harrys, basándose en el círculo de mejora continua de Deming, propuso en la empresa Motorola una manera de mejorar los procesos a través del estudio de la variación de los mismos; posteriormente esta metodología se volvió famosa en la década de los 90's cuando fue empleada por General Electric, y luego también fue adoptada por otras empresas importantes a nivel mundial, tales como: NASA, American Express, Toshiba, IBM, Ford,



Sony, Samsung, etc. Si bien Six Sigma tuvo sus orígenes en Motorola, fue General Electric la que la convirtió en una filosofía gerencial (Eckes, 2004).

Gutiérrez & De La Vara (2009) en su libro *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*, reseñan:

Además de Motorola, dos organizaciones que se contribuyeron a consolidar la estrategia Seis Sigma y sus herramientas son Allied Signal<sup>1</sup>, que inició su programa en 1994, y General Electric (GE)<sup>2</sup> que inició en 1995. (...) En Latinoamérica, la empresa Mabe es una de las organizaciones que ha logrado conformar uno de los programas Seis Sigma más exitosos.

Los resultados logrados por Motorola, Allied Signal y GE gracias a Seis Sigma se muestran en seguida:

- Motorola logró aproximadamente 1000 millones de dólares en ahorros durante tres años, y el premio a la calidad Malcolm Baldrige en 1988.
- Allied Signal ahorró más de 2000 millones de dólares entre 1994 y 1999.
- GE alcanzó más de 2570 millones de dólares en ahorros en tres años (1997-1999). (p.420)

Quality Digest<sup>3</sup>, en el artículo “Six Sigma Survey”, recopila información y resultados de una encuesta realizada sobre el uso de Six Sigma, e incluye datos comparativos de una encuesta similar efectuada por DynCorp<sup>4</sup>. De la encuesta realizada por esta última, se deriva que de las empresas que usan Six Sigma: el 38.2% son de servicios, el 49.3% son de manufactura, y el porcentaje restante (12.5%) corresponde a la categoría “Otras empresas”. Otro resultado interesante cuando se consultó sobre “¿Cuáles sistemas de gestión de calidad / herramientas de mejoramiento de procesos han dado los mejores resultados?”, fue que Six Sigma encabezó la lista con 53.6%, un porcentaje significativamente alto comparado con otros como: mapeo de procesos – 35.3%, análisis de causa raíz – 33.5%, análisis causa-efecto

---

<sup>1</sup> Allied Signal es una compañía diversificada en áreas como la aeroespacial, automotriz y materiales. Tiene más de 70 mil empleados y sus ingresos anuales rondan los 15 mil millones de dólares.

<sup>2</sup> GE es un gigante corporativo desplegado en todo el mundo y en diversas áreas (aeroespacio, entretenimiento, equipo médico, etc.). Tiene más de 300 mil empleados y su capital supera los 450 mil millones de dólares.

<sup>3</sup> Quality Digest es la fuente más grande de artículos y noticias relacionadas con la calidad en los EE.UU.

<sup>4</sup> DynCorp International es un proveedor global de servicios de gobierno en apoyo a la seguridad nacional de EE.UU.

– 31.3%, benchmarking – 25%, capacidad de procesos – 20.1%, control estadístico de procesos – 20.1%, gráficas de control – 19.2% y diseño de experimentos – 17.4%.

Pero ¿qué exactamente es Six Sigma -  $6\sigma$ ?, para responder esta pregunta, a continuación se citan algunas definiciones:

Lowenthal (2002) afirma: “La voz del cliente es una parte clave de la metodología Seis Sigma. La empresa que emprende un proyecto sigma asume que la voz del cliente es muy importante. La voz del proceso es la segunda área de importancia en un proyecto Seis Sigma” (p.37).

Gómez & Vilar & Tejero (2003) aseveran que:

Seis Sigma es una filosofía de calidad basada en la asignación de metas alcanzables a corto plazo enfocadas a objetivos a largo plazo. Utiliza las metas y los objetivos del cliente para manejar la mejora continua a todos los niveles en cualquier empresa. El objetivo a largo plazo es el de diseñar e implementar procesos más robustos en los que los defectos se miden a niveles de solamente unos pocos por millón de oportunidades (p.43).

González (2003) expone que Seis Sigma puede ser enfocado desde dos grandes perspectivas:

- a) **Estrategia del Negocio:** El fin último de la organización es “hacer dinero” para trascender en el tiempo y mejorar el nivel de vida de sus empleados, accionistas y la comunidad en la que se desenvuelve. Seis Sigma se encuentra alineada a este fin último a través de los siguientes enfoques:
  - **Benchmarking.** Seis Sigma puede ser utilizado como patrón para comparar diferentes niveles de calidad entre diferentes procesos o compañías y tomar las acciones necesarias para ser el mejor en el giro industrial.
  - **Meta.** Tradicionalmente la meta de Seis Sigma se conoce como llegar a cero defectos. Sin embargo, este enfoque ha cambiado y la meta o el objetivo de Seis Sigma es incrementar la rentabilidad del negocio sustentado con una filosofía de mejora continua.
- b) **Metodología de Solución de Problemas o Proyectos:** Esta perspectiva es la parte dura del enfoque de Seis Sigma, ya que incluye dos aspectos:
  - **Metodología DMAIC<sup>5</sup>:** Esta metodología debe ser utilizada en toda la organización para atacar proyectos de mejora o para solucionar problemas dentro de la organización, siempre y cuando la magnitud de los mismos lo ameriten, o cuando no se conozca la causa raíz que está ocasionando el efecto no deseado.

---

<sup>5</sup> DMAIC: siglas en inglés para Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar

- **Herramientas:** A través de la aplicación de herramientas no estadísticas (diagramas de flujo y matriz de causa efecto, entre otras) y estadísticas básicas y avanzadas (Paretos, Inferencia estadística, distribuciones de probabilidad, gráficos de control y Diseño de experimentos, entre otras) la metodología DMAIC ordena la aplicación de éstas para maximizar los resultados. (p.s.n)

Según Eckes (2004):

El six sigma, en su nivel básico, se encamina a mejorar simultáneamente la eficacia y la eficiencia. (...) La eficacia es el grado con el cual una organización cumple y supera las necesidades y requisitos de sus clientes. La eficiencia se refiere a los recursos que consume para lo obtención de eficacia para los clientes. (p.16)

Pande & Neuman & Cavanagh (2004) sostienen:

Seis Sigma no es del todo "nuevo". Combina algunas de las mejores técnicas del pasado con recientes avances en el pensamiento empresarial y con el simple sentido común (...) y hace referencia al objetivo de reducir los defectos hasta casi cero.

En términos estadísticos, por tanto, el propósito de Seis Sigma es reducir la variación para conseguir desviaciones estándar muy pequeñas, de manera que prácticamente la totalidad de sus productos o servicios cumplan, o excedan, las expectativas de los clientes. (p.4)

De acuerdo con Escalante (2004), Six Sigma también puede ser vista desde tres enfoques diferentes: como una métrica, como una filosofía de trabajo y como una meta.

- Como métrica: representa una manera de medir el desempeño de un proceso en cuanto a su nivel de productos o servicios fuera de especificación.
- Como filosofía de trabajo: significa el mejoramiento continuo de los procesos y productos apoyado en la aplicación de la metodología six sigma, la cual incluye principalmente el uso de herramientas estadísticas.
- Como meta: un proceso de calidad Six Sigma significa estadísticamente tener un nivel clase mundial al no producir servicios o productos defectuosos. (p17)

El artículo Mejoramiento Continuo: "Seis sigma" (Diario El Día, 2007) señala que su base radica en que: "si se pueden medir cuántos "defectos" hay en un proceso, entonces, sistemáticamente, se puede entender cómo eliminarlos y llegar tan cerca a "cero defectos" como fuera posible".

Según Gutiérrez & De La Vara (2009) Six Sigma es:

Una estrategia de mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación; con ello, es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio.

En todo momento se toma como punto de referencia a los clientes y sus necesidades.

La estrategia  $6\sigma$ <sup>6</sup> se apoya en una metodología fundamentada en las herramientas y el pensamiento estadístico. Asimismo, tiene tres áreas prioritarias de acción: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos.

La meta de  $6\sigma$ , que le da el nombre, es lograr procesos con una calidad Seis Sigma, es decir, que como máximo generen 3.4 defectos por millón de oportunidades. (p.420)

Cabe mencionar también que, en una organización Six Sigma puede aplicarse en dos instancias: la primera, “táctica” asociada a la aplicación de cualquiera de los esquemas que ofrece para mejorar los procesos y, la segunda, “estratégica” cuyo objetivo es “conseguir un grado de dominio de los procesos que permita poner en el mercado productos o servicios con unas características muy superiores a las de la competencia y que sean apreciadas por el cliente” (Ruíz, 2009, p38).

En base a lo citado, se puede inferir que Six Sigma:

- No es un sistema de gestión de la calidad (ni de certificación de calidad) como la ISO 9001, sino una herramienta de mejora de procesos que es aplicable tanto en empresas de manufactura, como en empresas de servicios y que actualmente es empleada por empresas de clase mundial.
- Consiste en una metodología para reducir defectos basándose en el mejoramiento de los procesos y en la priorización de la satisfacción de los clientes.
- Constituye una estrategia de gestión empresarial basada en la aplicación de una metodología estructurada para eliminar sistemáticamente los defectos y la ineficiencia.
- En lugar de centrarse en una inspección “post-mortem” de los defectos del producto o servicio final, se focaliza en mejorar los procesos para que dichos defectos no se produzcan y consecuentemente alcanzar la “cuasi perfección”.
- Al observar cronológicamente el comportamiento del proceso, permite detectar y eliminar las causas de variación a través del uso de herramientas estadísticas,

---

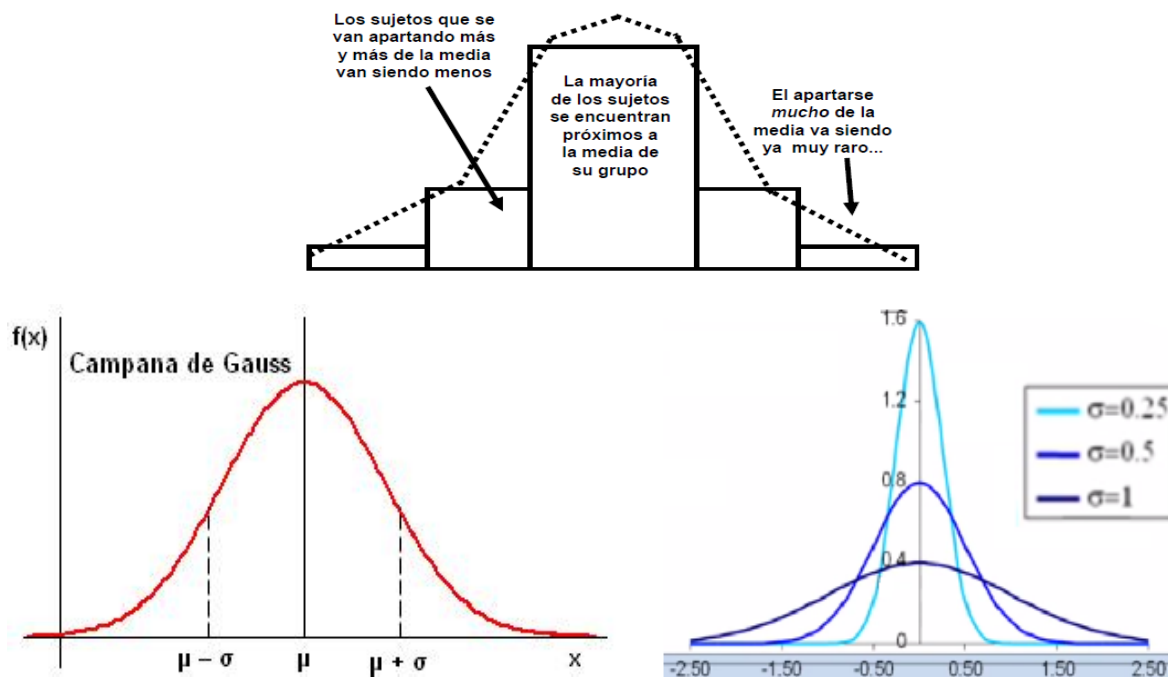
<sup>6</sup>  $6\sigma$ : nomenclatura empleada para definir Six Sigma

consiguiendo por ende maximizar tanto la reducción de defectos en los productos o servicios, como la satisfacción de los clientes.

### 3.2.2 La Métrica Six Sigma

Cuando se realiza el análisis estadístico de una serie de datos, se determina la distribución que presenta la variable estudiada y ésta generalmente suele ser la conocida distribución normal o campana de Gauss, la cual indica que la mayoría de mediciones de un determinado conjunto de datos no se aparta mucho del promedio y está caracterizada por la media ( $\mu$ ) y la desviación estándar ( $\sigma$ ), esta última determina los puntos de inflexión de la curva.

El efecto que tiene la desviación estándar sobre la campana, es que mientras menor sea el “**valor de sigma ( $\sigma$ )**”, es menor la dispersión de los datos y por tanto los valores están más cercanos al valor medio, consecuentemente, mientras más estrecha y alta sea la curva, hay menos variación. Gráficamente se tiene lo esbozado en la Figura 21:



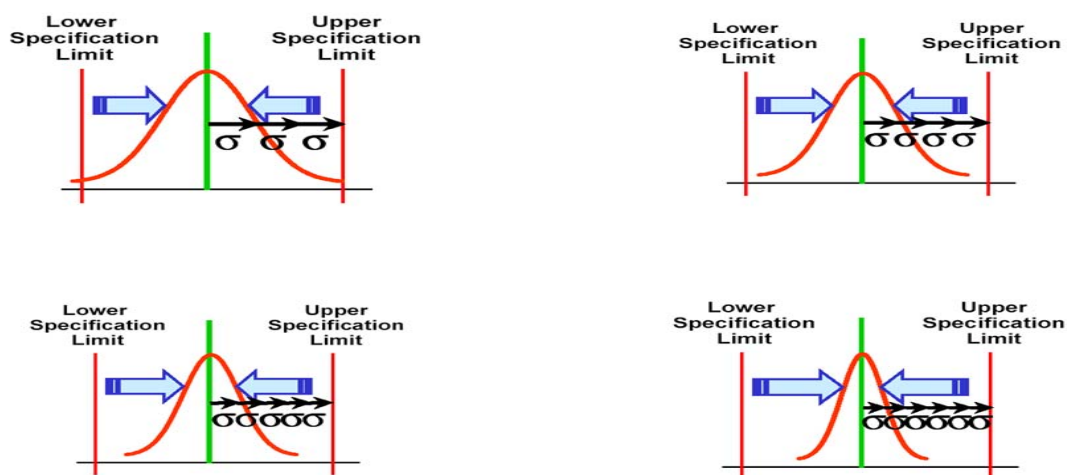
**Figura 21: Campana de Gauss**

Fuente: <http://www.upcomillas.es/personal/peter/estadisticabasica/DistribucionNormal.pdf>

Bajo este concepto, surge la “**escala de calidad de Six Sigma**” que consiste en cuantificar la cantidad de desviaciones estándar (o sigmas) que pueden contenerse en el intervalo comprendido entre los límites superior e inferior de especificación. La cantidad de sigmas contenidos, determina el “**nivel sigma**” de desempeño del proceso. Dicho nivel está asociado inversamente a la variación, es decir, mientras más alto sea el “**nivel Sigma**”, es menor la variación en un proceso, en otras palabras, mientras mayor sea el número de sigmas dentro del intervalo, menor es el valor de sigma y por tanto, menor el número de defectos o valores fuera de especificaciones. Una explicación gráfica se muestra en la Figura 22.

No debe confundirse el “valor de sigma” con el “nivel sigma” pues son dos conceptos totalmente diferentes, mientras el primero indica el grado de dispersión de los datos, el segundo establece el número de sigmas comprendido entre los límites de especificación.

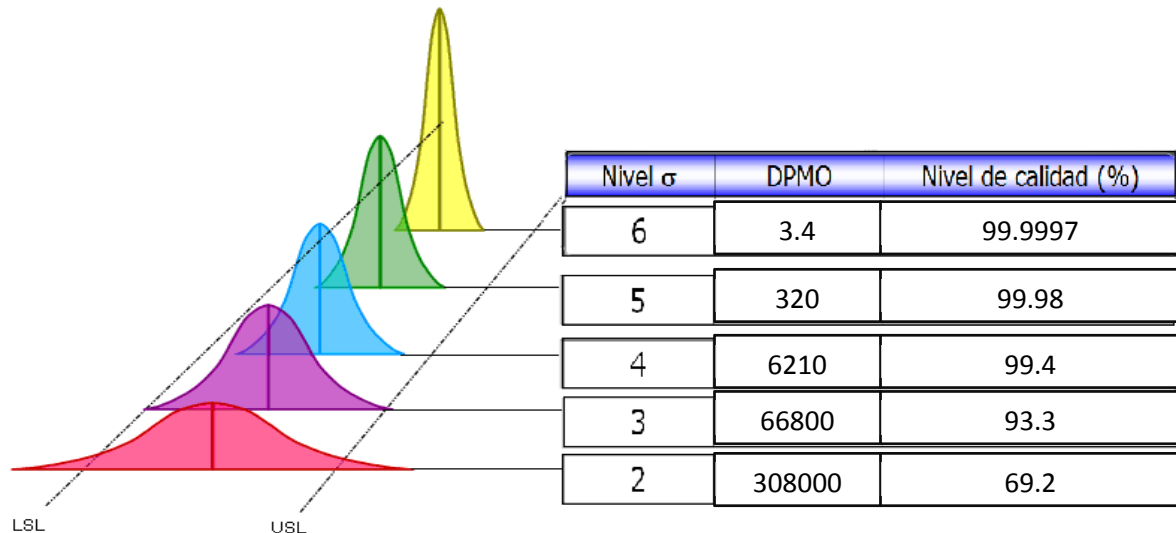
La relación con la variación es directa en el caso del “valor de sigma” (mientras más alto es el valor de sigma, es mayor la variación) e inversa en el caso del “nivel sigma” (mientras más alto es el nivel sigma, es menor la variación).



**Figura 22: Niveles Sigma**

Fuente: <http://cmuscm.blogspot.com/2013/09/lean-methods-for-fat-margins.html>

En conclusión, el “nivel Sigma” constituye una medida objetiva de la capacidad de un proceso, el cual está ligado al número de defectos y consecuentemente al nivel de rendimiento; la equivalencia se observa en la Figura 23:



**Figura 23: Niveles sigma y niveles de calidad**

Fuente: <http://www.advanceconsultoria.com/?p=2486>.

*Nota: DPMO: defectos por millón de oportunidades*

La Figura 24 muestra algunos ejemplos prácticos y básicos de los niveles sigma:

# Sigmas	Ortografía: palabras mal escritas	Tiempo	Distancia
1	170 por página en un libro	31.25 años por siglo	De aquí a la luna
2	25 por página en un libro	4.5 años por siglo	1.5 veces la vuelta al mundo
3	1.5 por página en un libro	3.5 meses por siglo	De la costa oeste a la costa este de los EEUU
4	1 por cada 30 página en un libro	2.5 días por siglo	45 minutos de viaje en el periférico
5	1 en un conjunto de enciclopedias	30 minutos por siglo	Un viaje a la estación de gasolina
6	1 en todos los libros en una pequeña biblioteca	6 segundos por siglo	4 pasos en cualquier dirección

**Figura 24: Ejemplos prácticos de niveles sigma**

Fuente: [http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_industrial/conceptodeseissigma/](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/conceptodeseissigma/)

### 3.2.3 Principios de Six Sigma

Pande et al. (2004) sostiene que para que una organización alcance el nivel Seis Sigma, debe considerar los siguientes ingredientes críticos:

***Auténtica orientación al cliente*** (...) es la máxima prioridad de Seis Sigma. La medida del rendimiento empieza y termina con la voz del cliente (VdC). Los “defectos” son fracasos al cumplir los requisitos del cliente que se pueden medir. Las mejoras Seis Sigma se miden por su impacto en la satisfacción de los clientes y por el valor que les aportan.

***Gestión orientada a datos y hechos*** (...) que arroje luz sobre cuáles son los indicadores clave para medir el verdadero rendimiento empresarial; después, recoger y analizar los datos para conseguir un mejor entendimiento de las variables clave y de los procesos.

***Orientación a procesos, gestión por procesos y mejora de procesos*** (...) Seis Sigma se centra en el proceso como elemento clave para conseguir cumplir los requisitos del cliente. (...) mejorar los procesos no es un mal necesario, sino uno de los pasos esenciales para generar ventajas competitivas y proporcionar valor real a los clientes.

***Gestión proactiva*** (...) Seis Sigma proporciona las herramientas y las acciones necesarias para evolucionar de un comportamiento reactivo a una gestión proactiva. Teniendo en cuenta el estrecho margen de error que permite el actual mundo de los negocios, ser proactivo es la única manera de sobrevivir.

***Colaboración sin fronteras*** (...) hace referencia a la tarea de romper las barreras que impiden el flujo de ideas y acciones a lo largo y ancho de una organización. (...) Seis Sigma demanda la utilización de los procesos en beneficio de todos y no sólo de uno o dos departamentos.

***Búsqueda de la perfección, tolerancia a los errores*** (...) Seis Sigma pone un gran empeño en la búsqueda de la perfección y en conseguir resultados sostenibles durante un período de tiempo adecuado para el mundo de los negocios. (...) cualquier empresa que tenga como objetivo Seis Sigma debe estar preparada para sufrir algunos retrocesos (y para aprender de ellos). (p. 8-9-10)

Lo citado se puede resumir en:

- La prioridad principal es aumentar la satisfacción de los clientes, mejorando la calidad del producto o servicio que éste percibe.
- Debe haber un enfoque en los procesos y en su mejoramiento, pues éstos son la clave del éxito para alcanzar los objetivos planteados y por ende el éxito organizacional.
- Se debe priorizar la “prevención” antes que la “corrección”, en otras palabras ser “proactivos” y no “reactivos”.



- Todo debe tener un sustento concreto basado en análisis de datos, que permita tomar decisiones adecuadas, pues no se pueden implementar al azar las mejoras en la calidad.
- Colaborar y trabajar en equipo a través de una adecuada comunicación y un mejor flujo en las actividades a través de la organización.
- Aunque el objetivo es la “cuasi perfección”, se debe mantener cierta tolerancia a los errores, asumiendo riesgos manejables y aprendiendo de los retrocesos en caso de que se presenten.

### 3.2.4 Esquemas de la Metodología Six Sigma

Para mejorar los procesos, Six Sigma comprende la aplicación de varias etapas definidas, que varían dependiendo del fin que se persiga, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5:

**Esquemas Six Sigma**



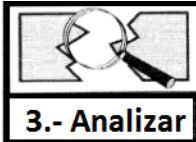

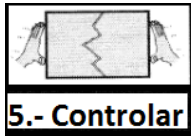
ESQUEMA	ETAPAS	OBJETIVO
<b>DMAIC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Define - Definir</li> <li>• Measure – Medir</li> <li>• Analyze – Analizar</li> <li>• Improve – Mejorar</li> <li>• Control – Controlar</li> </ul>	Mejorar procesos o productos o servicios existentes que presentan tendencias desfavorables de desempeño
<b>DMADV</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Define - Definir</li> <li>• Measure – Medir</li> <li>• Analyze – Analizar</li> <li>• Design – Diseñar</li> <li>• Verify - Verificar</li> </ul>	Crear un nuevo proceso, producto o servicio; o rediseñar completamente uno existente que no cumple con los requerimientos
<b>IDOV</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identify – Identificar</li> <li>• Design – Diseñar</li> <li>• Optimize – Optimizar</li> <li>• Validate – Validar</li> </ul>	Crear nuevos procesos o productos (para industria)
<b>CQDFSS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Commercial – Comercial</li> <li>• Quality – Calidad</li> <li>• Design For Six Sigma – Diseñar para Seis Sigma</li> </ul>	Crear nuevos procesos, productos o servicios libres de defectos a los ojos de los clientes

**Fuente:** Gutiérrez & De La Vara (2009), Control estadístico de calidad y seis sigma (p.424, 435)

Los esquemas DMAMC y DMADV son los más conocidos por lo que en la Tabla 6 se establecen las actividades que se realizan en las etapas correspondientes:

Tabla 6:

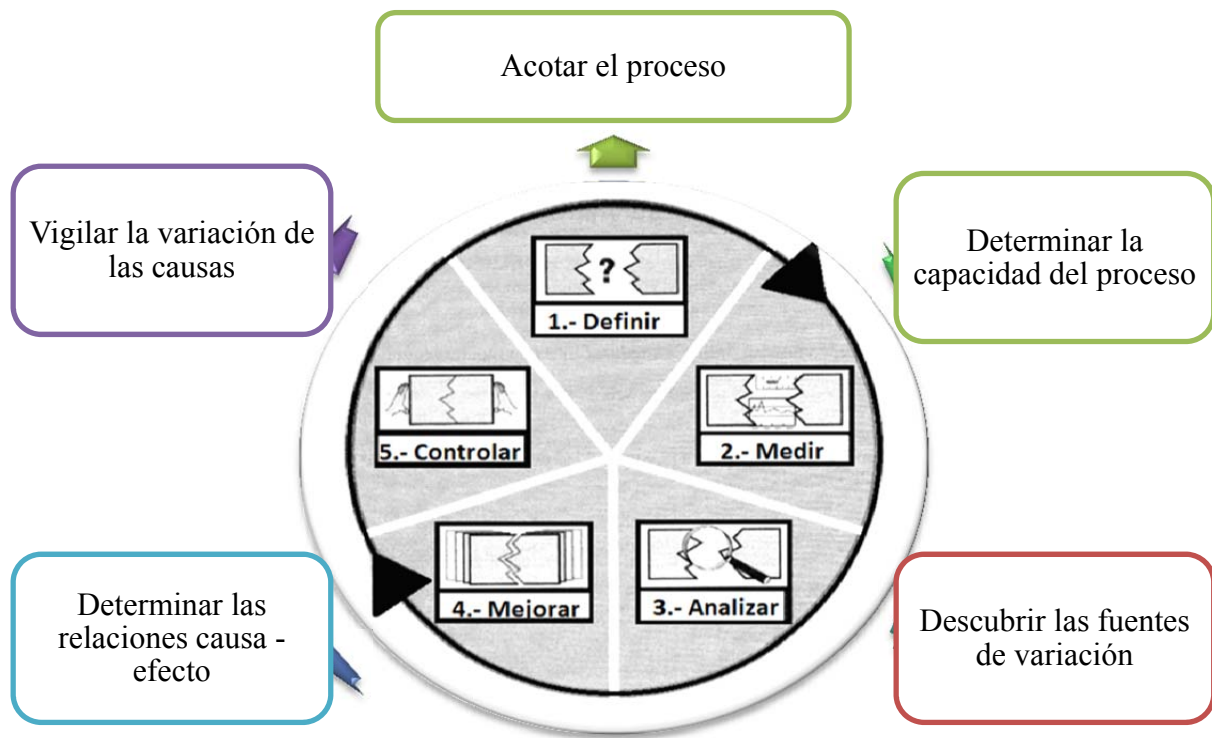
**Esquemas DMAMC Y DMADV**

ETAPA	DMAMC / DMAIC	DMADV
 <b>1.- Definir</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar el problema.</li> <li>• Definir los requisitos.</li> <li>• Establecer el objetivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar problemas genéricos o específicos.</li> <li>• Definir el objetivo / cambiar la visión.</li> <li>• Clarificar el alcance y los requisitos del cliente</li> </ul>
 <b>2.- Medir</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Validar el problema/proceso.</li> <li>• Redefinir el problema/objetivo.</li> <li>• Medir los pasos / entradas clave.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir el rendimiento respecto a los requisitos.</li> <li>• Obtener datos de la eficiencia del proceso.</li> </ul>
 <b>3.- Analizar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar hipótesis sobre las causas.</li> <li>• Identificar las causas raíz.</li> <li>• Validar las hipótesis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar las “mejores prácticas”.</li> <li>• Evaluar el diseño del proceso: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Con valor / sin valor añadido.</li> <li>○ Cuellos de botella / elementos inconexos.</li> <li>○ Caminos alternativos.</li> </ul> </li> <li>• Depurar los requisitos.</li> </ul>
 <b>4.- Mejorar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar ideas para eliminar las causas raíz.</li> <li>• Probar las soluciones.</li> <li>• Estandarizar la solución / medir los resultados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar el nuevo proceso: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Poner a prueba las suposiciones.</li> <li>○ Aplicar creatividad</li> <li>○ Principios de workflow.</li> </ul> </li> <li>• Implantar los nuevos procesos, estructuras y sistemas.</li> </ul>
 <b>5.- Controlar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer medidas estándar para mantener el rendimiento.</li> <li>• Corregir los problemas según sea necesario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer medidas y revisiones para mantener el rendimiento.</li> <li>• Corregir los problemas según sea necesario.</li> </ul>

**Fuente:** Pande et al. (2004), Las claves prácticas de seis sigma (p.17).

### 3.2.5 El esquema DMAMC

De las variantes mencionadas, el esquema DMAIC o DMACM es el más general (Figura 25), y de sus 5 etapas, las tres primeras se enfocan en caracterizar al proceso y las restantes en optimizar el proceso.

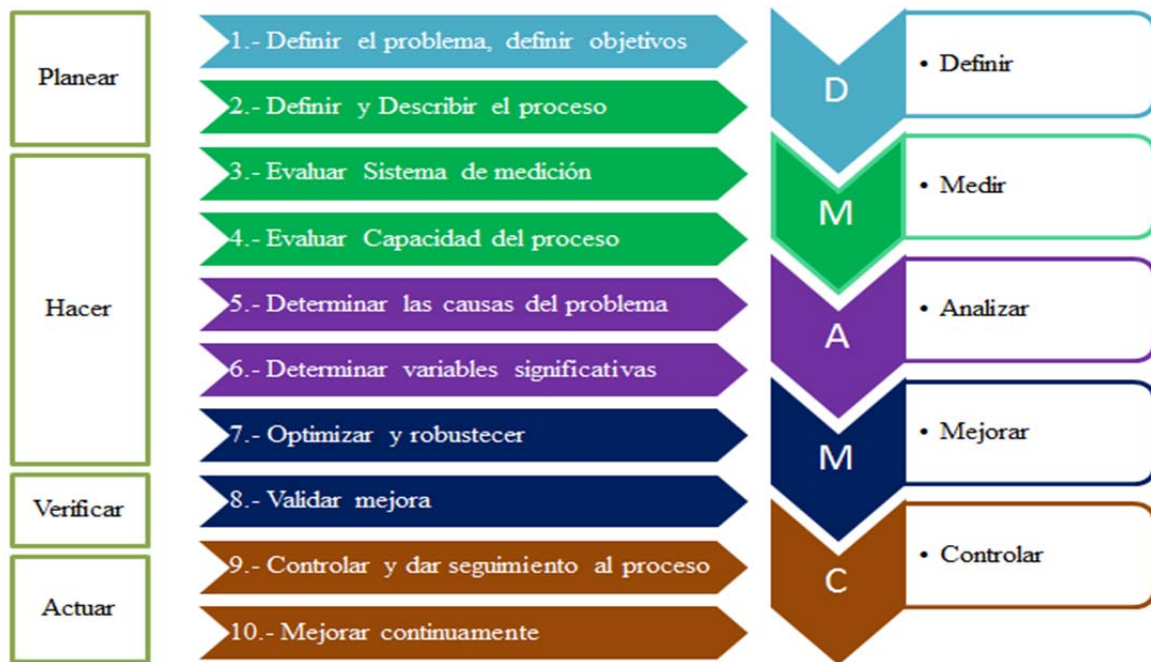


**Figura 25: El esquema DMAMC**

Fuente: Las claves prácticas de Seis Sigma – Pande et al. (2004, p.17)  
Seis Sigma en la práctica – Prieto (2002, p.22)

#### 3.2.5.1 Esquema DMAMC y el ciclo PHVA

Es importante también notar que las actividades desarrolladas en cada una de las etapas del esquema DMAMC guardan estrecha relación con el Círculo de Deming (Planear, Hacer, Verificar y Actuar - PHVA), como lo muestra la Figura 26:



**Figura 26: Esquema DMAMC y ciclo PHVA**

Fuente: Seis Sigma – Villagómez, J. (2010, diapositiva 29)

A continuación se amplía los objetivos principales, las actividades, las herramientas usadas y los entregables de cada etapa, así como su relación con el ciclo PHVA.

### 3.2.5.2 Fase Definir

En esta etapa se debe “revisar la declaración del problema y el objetivo, identificar a los clientes del proceso que se está estudiando, definir los requisitos de esos clientes y redactar un plan de cómo se completará el proyecto” (Pande et al., 2004, p.71).

Como entregables de esta fase están: la identificación de los procesos y sus responsables, la definición del problema y del por qué trabajar en él, la elaboración del plan de trabajo, la identificación de los clientes y sus requisitos y la elaboración un mapa de proceso de alto nivel (que incluye solo detalles básicos del proceso).

Las herramientas típicas usadas son: diagrama de flujo de procesos; mapas de procesos; mapa SIPOC (proveedores, entradas, procesos, salidas, clientes); despliegue de la función de calidad – QFD; voz del cliente.

### **3.2.5.3 Fase Medir**

“El objetivo general de esta segunda fase es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación. Por ello, el proceso se define a un nivel más detallado para entender el flujo de trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.428).

Como entregables de esta fase están: la caracterización del proceso, la elaboración de un mapa de proceso a un nivel detallado, la identificación de qué medir, la recolección de los datos, la cuantificación de los defectos, el cálculo del rendimiento del proceso y del nivel sigma de desempeño y la identificación de las oportunidades de mejora.

Las herramientas típicas usadas son: hojas de verificación; muestreo; capacidad del proceso; análisis de modos de fallo y efectos.

### **3.2.5.4 Fase Analizar**

“La meta de esta fase es identificar la(s) causa (s) raíz del problema, entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las causas con los datos” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.428).

Cabe mencionar que en esta etapa se analizan tanto los datos recolectados, como los procesos. En el primer caso se busca identificar patrones o diferencias y establecer tendencias relacionadas con las causas de los defectos; mientras que, en el segundo caso se examinan los principales procesos involucrados en el cumplimiento de los requisitos para establecer tiempos de ciclo, reprocesos, tiempos muertos y todo lo relacionado a su desempeño.

Como entregables de esta fase están: el análisis estadístico de los datos, el análisis de los procesos, la identificación de las características críticas para la calidad, la identificación de las causas raíz de los problemas.

Las herramientas típicas usadas son: lluvia de ideas; diagrama de Ishikawa; diagrama de Pareto; estratificación; cartas de control; diagramas de dispersión; diseño de experimentos;

mapeo de procesos; 5 por qué?; gráficos de tendencia; histogramas; diagramas de relaciones; análisis de varianza; benchmarking; despliegue de la función de calidad.

#### **3.2.5.5 Fase Mejorar**

“El objetivo de esta etapa es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz; es decir, asegurarse de que se corrige o reduce el problema. (...) La clave es pensar en soluciones que ataquen la fuente del problema (causas) y no el efecto” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.429).

Como entregables de esta fase están: la propuesta de soluciones, el análisis económico de las soluciones, la elaboración de una matriz de criterios para seleccionar la mejor solución, las pruebas piloto de que la solución elegida es efectiva para eliminar la causa raíz y la implementación de la solución (capacitación, documentación, medición, etc.)

Las herramientas típicas usadas son: lluvia de ideas; mapa de procesos; diagramas de Gantt; diagramas de árbol; diseño de experimentos; matriz impacto-esfuerzo.

#### **3.2.5.6 Fase Controlar**

“Una vez que las mejoras deseadas han sido alcanzadas, en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas. (...) Muchas veces esta etapa es la más dolorosa o difícil, puesto que se trata de que los cambios realizados para evaluar las acciones de mejora se vuelvan permanentes, se institucionalicen y generalicen” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, p.430).

“Una vez que las mejoras han sido implantadas y los resultados documentados, se debe seguir midiendo el rendimiento del proceso de forma continua ajustando su funcionamiento cuando los datos indiquen que es necesario o cuando cambien los requisitos del cliente (Pande et al., 2004, p.323).

Como entregables de esta fase están: la estandarización del proceso, la documentación del plan de control, el monitoreo del proceso, la definición de indicadores de control para garantizar la sostenibilidad de las soluciones, la documentación y difusión del proyecto.

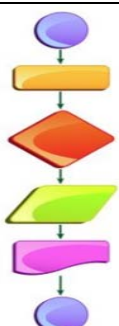
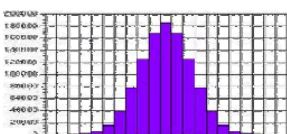
Las herramientas típicas usadas son: control estadístico de procesos; gráficos de Shewart; curva característica de operación; gráficos de control por variables; gráficos por atributos; análisis de la capacidad mediante gráficos de control; muestreo por atributos o por variables; hojas de verificación; cuadro de mando integral.

### 3.2.6 Herramientas de la metodología Six Sigma

La Tabla 7 describe brevemente algunas de las herramientas de apoyo empleadas en las etapas de la metodología DMAMC, definiciones que han sido extraídas y resumidas de las siguientes fuentes: James (1997), Pande et al. (2004), Gutiérrez & De la Vara (2008), Miles & Auliso & Sorondo (2009), Gutiérrez & De la Vara (2009), Pérez (2010).

Tabla 7:

#### Herramientas de apoyo de Six Sigma

HERRAMIENTA	DESCRIPCIÓN	OBJETIVO
	Diagrama de flujo	Permite describir gráficamente un proceso con ayuda de símbolos, detallando sus actividades y secuencia. Facilita además la identificación de las etapas críticas
	Histograma	Permite observar en un gráfico de barras la distribución de una serie de datos asociados a una característica de calidad

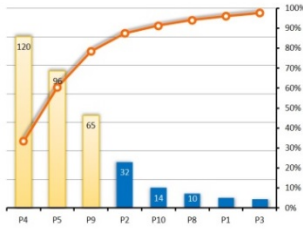


Diagrama de Pareto

Permite a través de un gráfico de barras, ordenar por grado de importancia, los principales problemas que se presentan en un proceso, conocidos como “vitales” y las principales causas que lo provocan



Benchmarking

Permite a las organizaciones autoconocerse y conocer a la competencia, para definir actividades de mejora en los procesos y alcanzar estándares de clase mundial



Hoja de Verificación

Permite registrar datos de manera sencilla y sistemática, de manera que se puedan analizar los resultados de manera visual

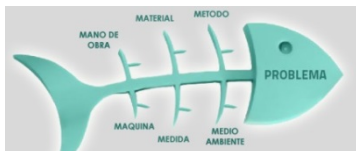


Diagrama de Ishikawa

Permite asociar un problema o efecto, con sus posibles causas con el objetivo de tomar acciones correctivas



Lluvia de ideas

Permite obtener información sobre determinado tema a través de la libre aportación de ideas

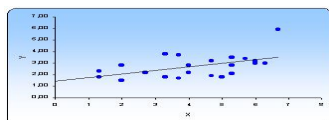
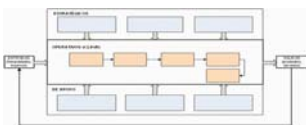


Diagrama de dispersión

Permite analizar gráficamente la interrelación de dos variables numéricas, para establecer una correlación



Mapa de procesos

Permite ajustar los diagramas de flujo a la realidad del proceso

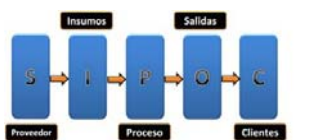


Diagrama SIPOC

Permite identificar en un proceso: los proveedores, las entradas, el proceso mismo, las salidas y los usuarios



Voz del cliente

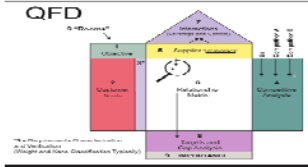
Permite identificar los requerimientos del cliente, se puede obtener a través de quejas, llamadas, devoluciones, entrevistas, etc.





Gráfico de tendencia

Permite visualizar en el tiempo la variación de una característica de calidad e identificar su posible evolución futura



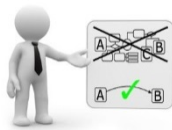
QFD - Despliegue de la función de calidad

Permite traducir la voz del cliente en especificaciones del producto o servicio, usando una matriz denominada la “casa de calidad” para definir la relación entre lo que desea el cliente y la capacidad de la empresa para satisfacerlo



Gráfico de control

Permite observar cronológicamente el comportamiento de un proceso en relación a su variabilidad para detectar si está fuera de control o presenta alguna tendencia. Se emplean para mantener el proceso entre los límites superior e inferior y son aplicables para estudiar características cualitativas o cuantitativas



Rediseño de procesos

Permite mejorar los procesos haciéndolos más eficientes y efectivos al eliminar tareas que no aportan valor



Análisis de varianza

Permite contrastar estadísticamente hipótesis sobre dos o más variables



Control estadístico de procesos

Permite analizar datos y tendencias con la finalidad de detectar rápidamente las causas especiales de variación y eliminarlas reduciendo así la variabilidad de un proceso. Para conseguir su objetivo hace uso de herramientas estadísticas básicas y avanzadas



Cuadro de mando integral

Permite formular e implantar estrategias en una empresa

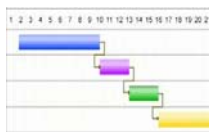
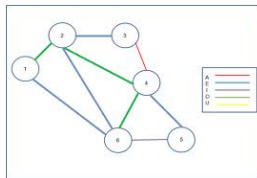


Diseño de experimentos

Permite planear y realizar un conjunto de pruebas para posteriormente analizar estadísticamente los resultados y obtener evidencias objetivas sobre una determinada situación

Diagrama de afinidad

Permite categorizar las ideas en



base a un determinado criterio

### Muestreo

Permite inspeccionar una muestra a partir de una población, para estimar parámetros

### Estratificación

Permite agrupar datos en grupos con características similares

### 5 por qué

Permite identificar las relaciones causa – efecto que generan un determinado problema a través de una serie de preguntas exploratorias

### Diagrama de relación

Permite tener una visión de conjunto de la complejidad de un problema y ayuda a visualizar la relación lógica de una serie de problemas

### Diagrama de Gantt

Permite visualizar el tiempo previsto que se destinará a la ejecución de diferentes tareas o actividades

### Diagrama de árbol

Permite obtener una visión de conjunto de los medios requeridos para alcanzar una meta o resolver un problema

### Casa de la calidad

Permite relacionar la voz del cliente con las formas de ser atendida

### Análisis de modos de falla y efectos

Permite identificar los modos de falla potenciales. Ayuda a la prevención de problemas

**Fuente:** Varias fuentes citadas en numeral 3.2.6.

### 3.2.7 Elementos clave de Six Sigma

El artículo “Qué es Seis Sigma” establece que para garantizar el mejoramiento y la adecuada aplicación de las herramientas, Six Sigma se soporta en cinco elementos clave detallados en la Figura 27:



**Figura 27: Elementos clave de Six Sigma**

Fuente: Las claves prácticas de Seis Sigma – Pande et al. (2004)

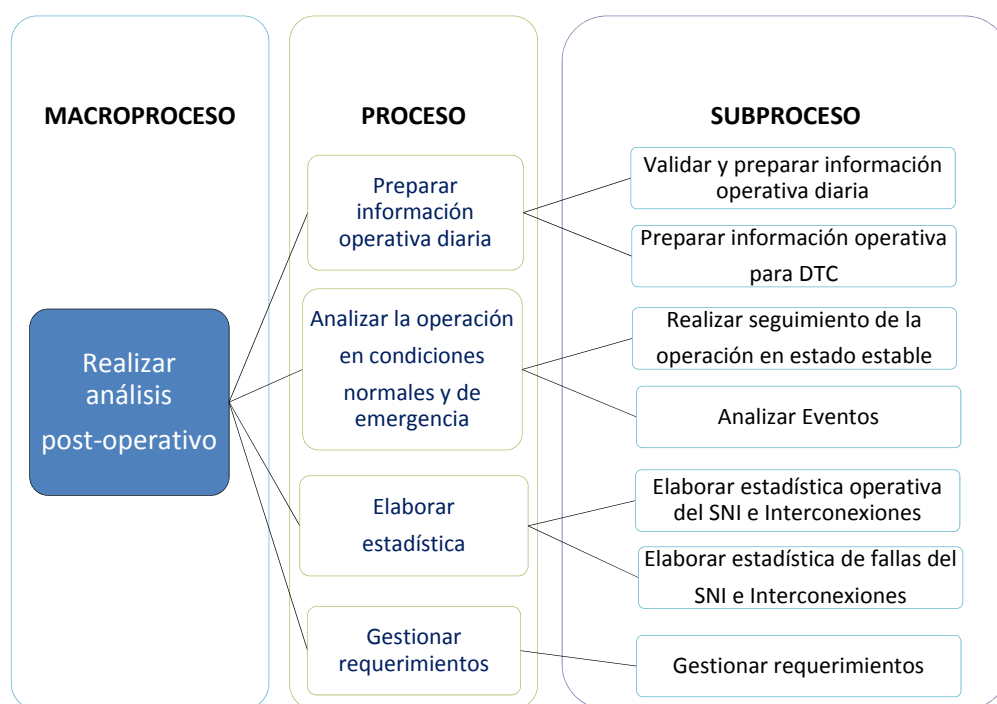
## 4 PROCESOS DEL AADO

### 4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DEL AADO

El Área de Análisis de la Operación – AADO enfoca sus procesos en tres macro actividades principales:

- Análisis de la operación del Sistema Nacional Interconectado en condiciones de operación estable y de emergencia,
- Generación de información operativa diaria, y
- Generación de información estadística operativa.

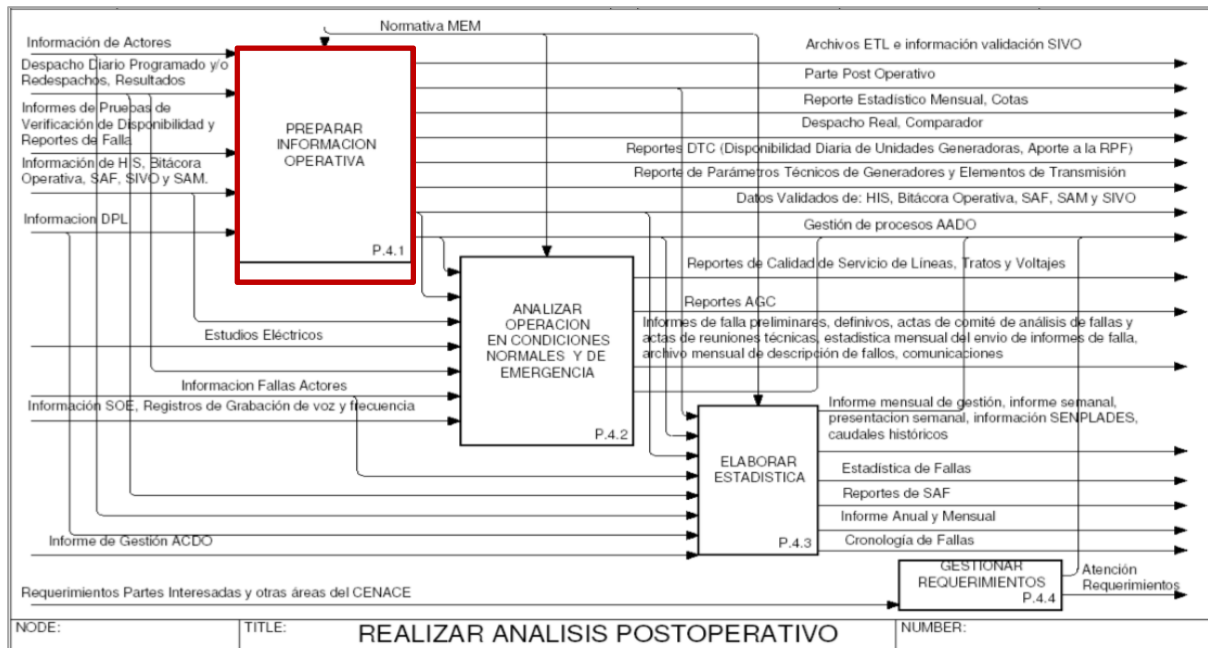
Para cumplir sus objetivos, los procesos y subprocesos se han establecido conforme lo indica la Figura 28:



**Figura 28: Macroprocesos, Procesos y Subprocesos de AADO**

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Plan de Calidad 2014

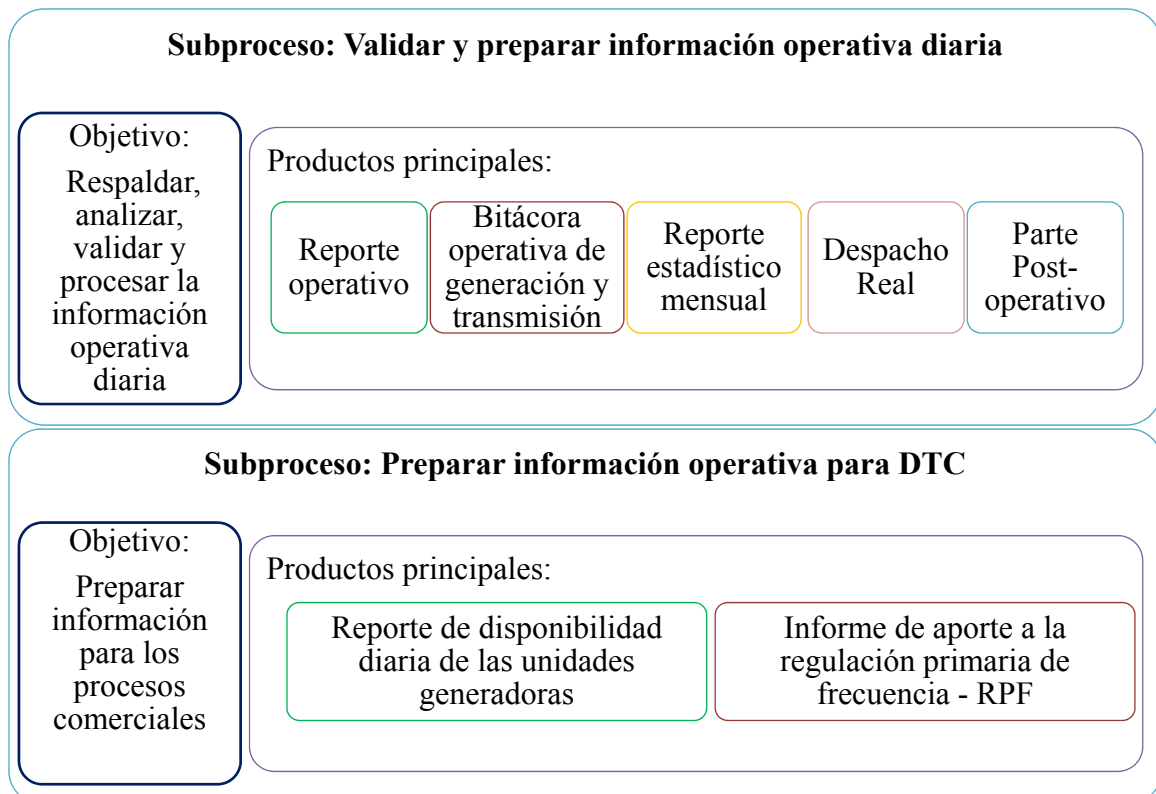
La interrelación entre los diferentes subprocesos se muestra en la Figura 29:

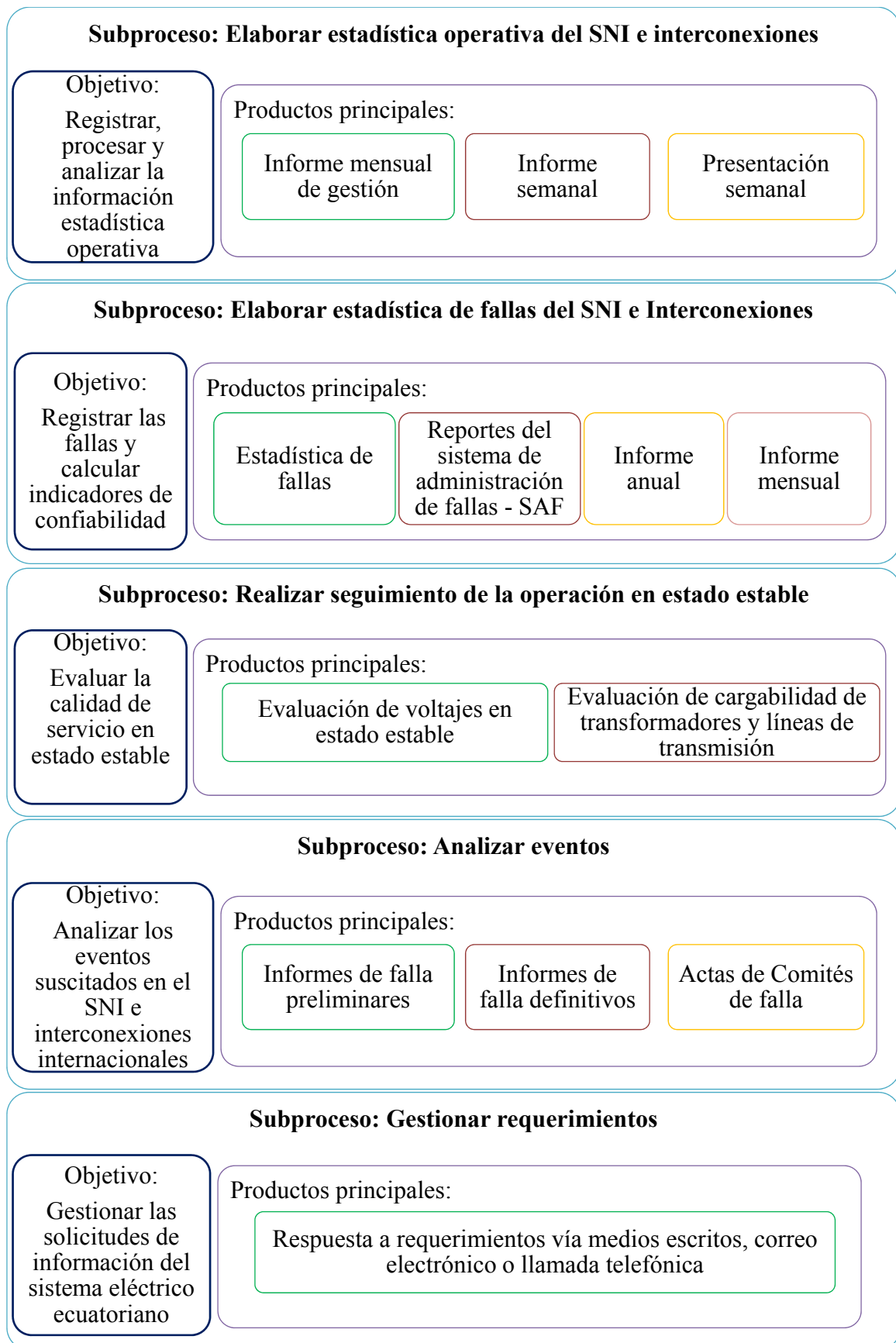


**Figura 29: Interrelación de procesos de AADO**

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Manual de Procesos 2014

Todos los subprocesos tienen su documentación asociada a manera de procedimientos e instructivos. Una descripción básica del objetivo de cada subproceso, así como sus principales salidas, se muestra en la Figura 30:





**Figura 30: Detalle de subprocesos de AADO**

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Manual de Procesos 2014

Los productos generados en cada proceso son entregados a clientes externos (Agentes del sector eléctrico) y/o clientes internos (otras áreas del CENACE); en el primer caso se lo hace a través de un portal corporativo - SIMEM de acceso restringido; mientras que en el segundo, se depositan en: un sistema de gestión documental – SGD; en un servidor específico o se los remite vía correo electrónico. La clasificación se muestra en la Tabla 8:

Tabla 8:

**Productos de AADO**

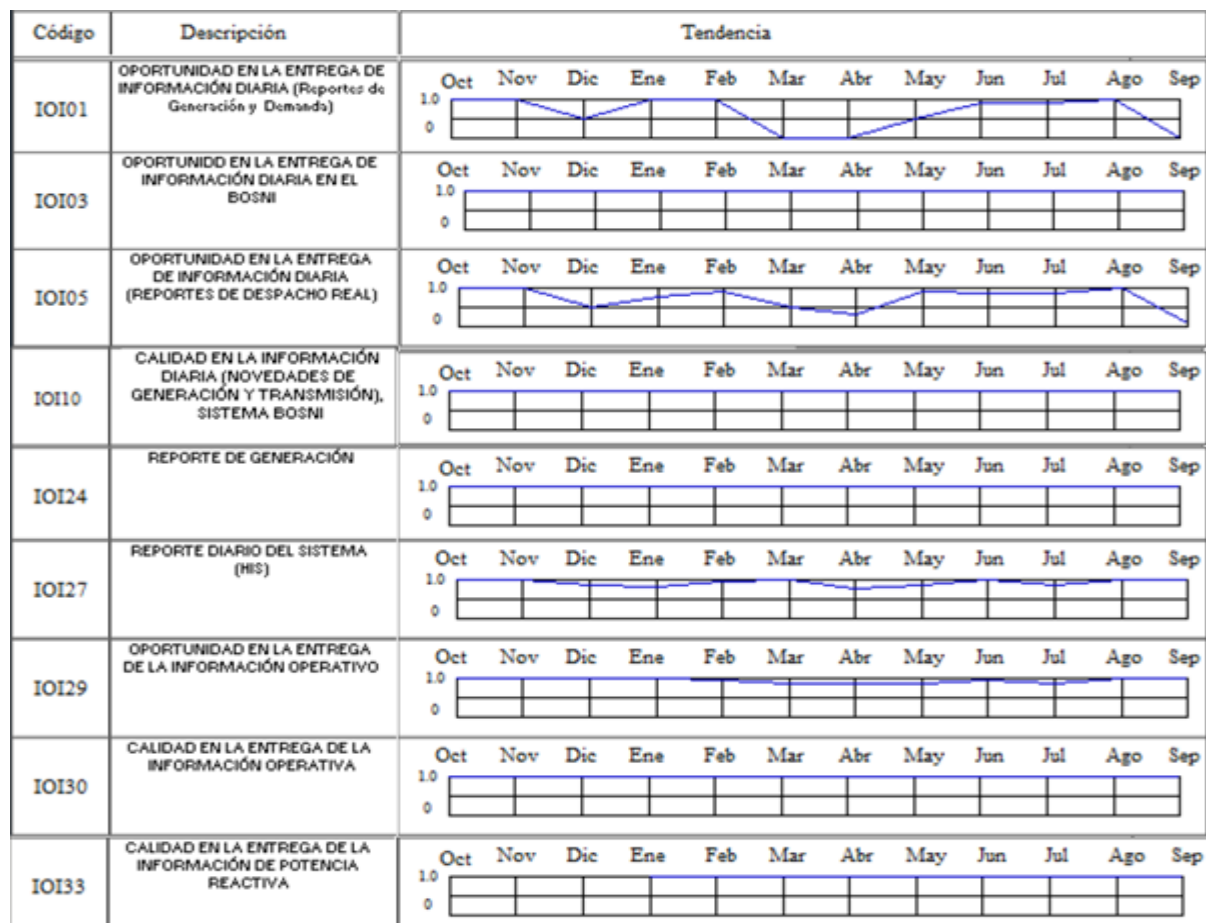
PRODUCTO	CLIENTES	
	<i>Externo</i>	<i>Interno</i>
Reporte operativo		√
Bitácora operativa		√
Reporte estadístico mensual		√
Despacho real	√	√
Parte post-operativo	√	√
Reporte de disponibilidad de generación		√
Informe de aporte a la RPF		√
Informe mensual de gestión	√	√
Informe semanal	√	
Presentación semanal	√	
Estadística de fallas	√	√
Reportes de SAF	√	√
Informe anual	√	
Informe mensual	√	
Respuesta de requerimientos	√	√
Evaluación de voltajes		√
Evaluación de cargabilidad		√
Informes de falla preliminares	√	
Informes de falla definitivos	√	
Actas de Comités de falla	√	

**Fuente:** Elaboración propia

## 4.2 ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS PROCESOS

Los principales indicadores que evalúan el desempeño de los procesos en cuanto a calidad y oportunidad con la que se entregan los diferentes productos, están establecidos ya sea en la normativa del sector eléctrico, o en los contratos cliente - proveedor acordados con la Dirección de Planeamiento (DPL), la Dirección de Transacciones Comerciales (DTC) y el Área de Análisis y Control (AC). Durante el 2013, la tendencia de los principales indicadores definidos por los clientes internos, se muestra a continuación:

### 4.2.1 Subproceso: Validar y preparar información operativa diaria



**Figura 31: Indicadores – Subproceso: Validar y Preparar información operativa diaria**

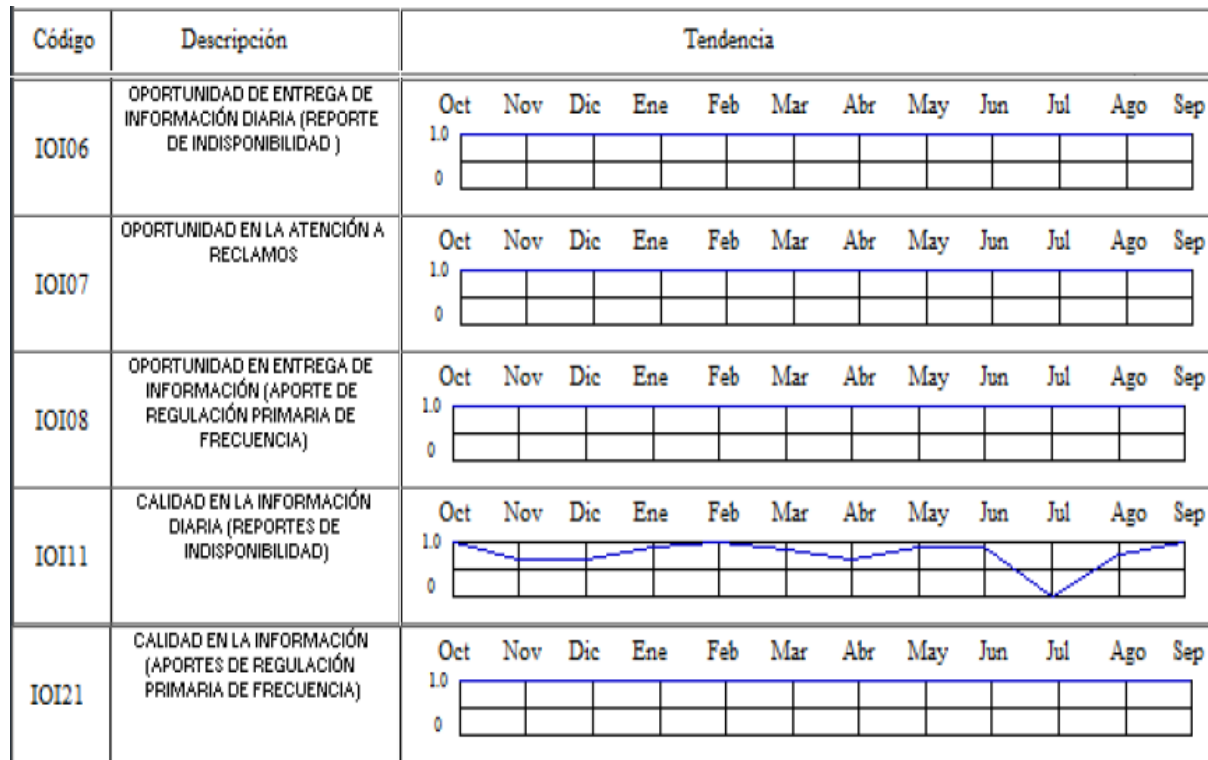
Fuente: CENACE, Análisis y Control, Informe Indicadores de Gestión, Septiembre 2013

Casi la mitad de los indicadores presentan variaciones, y aunque algunas no son notables, también se registran indicadores con valores críticos de cero, o, inferiores al 50% de su valor nominal tal como se muestra en la Figura 31.



Cabe mencionar que los productos guardan estrecha relación entre sí, por ende la afectación en la calidad y oportunidad de unos, influye directamente en la calidad y oportunidad de otros.

#### 4.2.2 Subproceso: Preparar información operativa para DTC



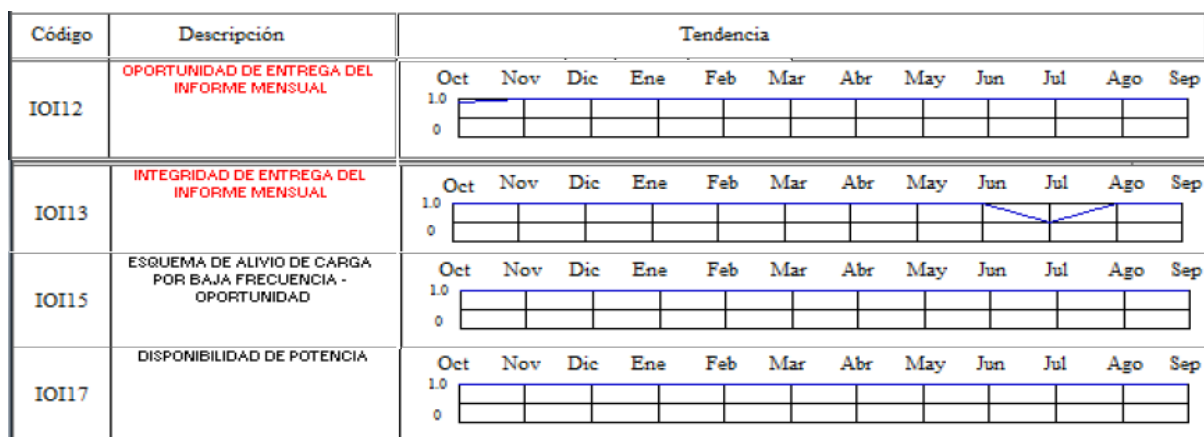
**Figura 32: Indicadores – Subproceso: Preparar información operativa para DTC**

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Informe Indicadores de Gestión, Septiembre 2013

En general, conforme lo indica la Figura 32, la mayoría de los indicadores se mantienen en 1 exceptuando el que evalúa la calidad de los reportes de disponibilidad de generación de las unidades, el cual presenta variabilidad en el periodo analizado, alcanzando incluso un valor de cero.

#### 4.2.3 Subproceso: Elaborar estadística del SNI e interconexiones

En la Figura 33 se observa que exceptuando el valor de 0.5 registrado en el mes de julio para el indicador que evalúa la “Integridad de entrega del informe mensual” y que se debió a una situación coyuntural, el subproceso presenta un desempeño adecuado.

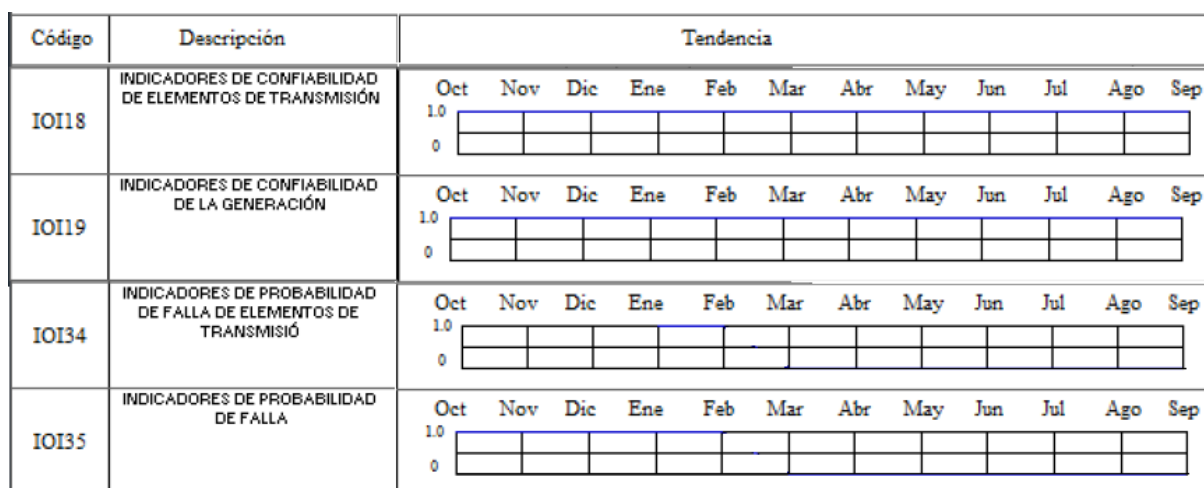


**Figura 33: Indicadores – Subproceso: Elaborar estadística del SNI e Interconexiones**

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Informe Indicadores de Gestión, Septiembre 2013

#### 4.2.4 Subproceso: Elaborar estadística de fallas del SNI e interconexiones

Para este subproceso no se presentan problemas con los indicadores asociados, conforme se evidencia en la Figura 34.



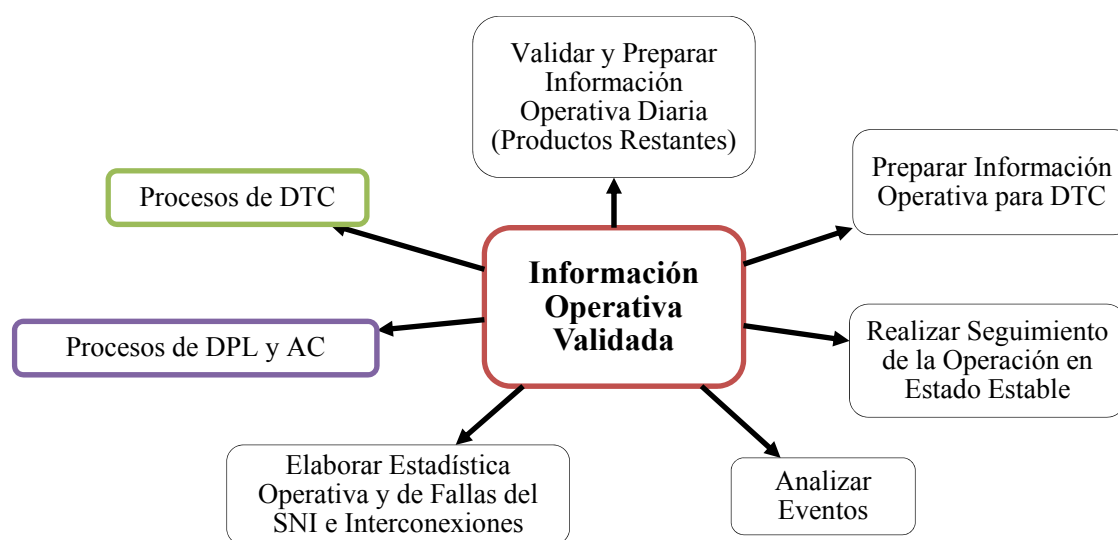
**Figura 34: Indicadores – Subproceso: Elaborar estadística de fallas del SNI e Interconexiones**

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Informe Indicadores de Gestión, Septiembre 2013

De lo expuesto, se concluye que el subproceso “Validar y preparar información operativa diaria” es el que más indicadores tiene asociados y el que más variación presenta en sus tendencias, por lo tanto, a continuación se realiza una caracterización del mismo para identificar sus entradas, salidas, interrelaciones, actividades, tiempos de ejecución, herramientas tecnológicas usadas y mediciones.

### 4.3 CARACTERIZACIÓN DEL SUBPROCESO “VALIDAR Y PREPARAR INFORMACIÓN OPERATIVA DIARIA”

La importancia del subproceso “Validar y Preparar Información Operativa Diaria” radica en que provee de *información validada* (Bitácora operativa y Reporte operativo) que constituye la base para la elaboración de los productos de los procesos restantes de la misma área y de las demás áreas técnicas, tal como se esquematiza en la Figura 35:

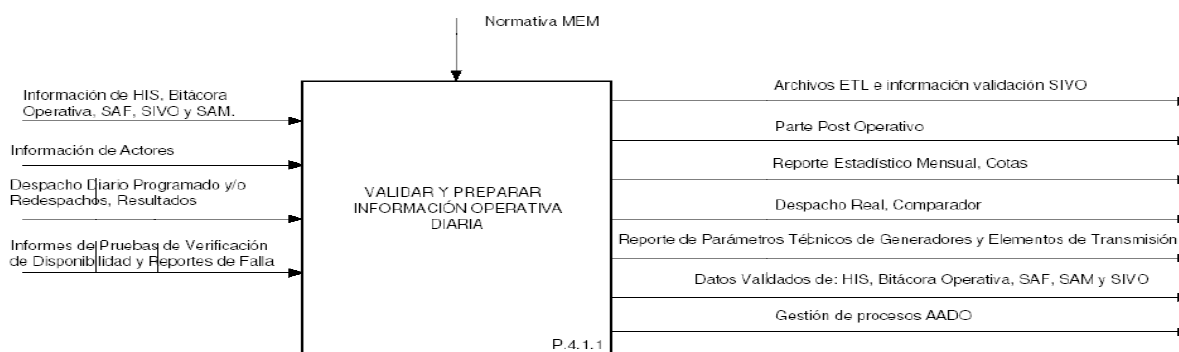


**Figura 35: Interrelaciones – Producto: Información Operativa Validada**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.1 Entradas y salidas

Las entradas y salidas provienen de y van hacia clientes internos y externos como se muestra en la Figura 36:



**Figura 36: Entradas / Salidas – Subproceso: Validar y Preparar información operativa diaria**

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Manual de Procesos 2014

### 4.3.2 Clientes

Los clientes internos son: la Dirección de Transacciones Comerciales (DTC), la Dirección de Planeamiento (DPL) y el Área de Análisis y Control (AC). Los clientes externos son: los Agentes del Sector Eléctrico y demás partes interesadas.

### 4.3.3 Productos

Los principales productos que resultan de la ejecución del subproceso se enumeraron en la Figura 30, el detalle de los mismos se muestra en la Tabla 9:

Tabla 9:

#### Productos Subproceso: Validar y Preparar Información Operativa Diaria

PRODUCTO	DEFINICIÓN
Reporte Operativo	Que incluye los datos horarios numéricos de producción de las unidades generadoras, consumo de las empresas distribuidoras por cada punto de entrega; flujos por las líneas de transmisión, flujos por los transformadores, voltajes en las subestaciones de todos los niveles y potencias reactivas de los elementos de compensación (reactores y capacitores).
Bitácora Operativa de Generación	Que incluye las novedades de operación de las unidades generadoras relacionadas con ingresos y salidas de operación, inicio y finalización de mantenimientos, restricciones de disponibilidad, disparos y subidas y bajadas de carga. Aquí constan también las novedades de las interconexiones internacionales con Colombia y Perú, con las que actualmente Ecuador mantiene acuerdos operativos técnicos y comerciales.
Bitácora Operativa de Transmisión	Que incluye las novedades de operación de todos los elementos de transmisión (transformadores, líneas de transmisión, capacitores, reactores, subestaciones, barras y posiciones) y de las empresas de distribución, relacionadas con aperturas y cierres, inicio y finalización de mantenimientos, fallas, desconexión y normalización de carga y transferencias de carga.
Parte Post-operativo	Que incluye un resumen macro de la operación del sistema relacionada con: información hidrológica, composición del parque generador, novedades relevantes, indisponibilidades de generación y de elementos de transmisión, costos horarios de energía, demandas horarias de potencia y energía.
Despacho Real	Que incluye solamente los datos de producción de las unidades generadoras y la importación por los enlaces internacionales.
Reporte Estadístico Mensual	Que incluye un resumen mensual, con resolución diaria de la producción de las centrales generadoras, del consumo de las empresas distribuidoras, de la información hidrológica de los embalses, de las pérdidas sistémicas de energía y potencia y de las importaciones y exportaciones por las interconexiones internacionales.

**Fuente:** Elaboración propia

#### **4.3.4 Herramientas tecnológicas**

La ejecución y desarrollo del subproceso hace uso de los siguientes sistemas tecnológicos:

- BOSNI (Bitácora Operativa del Sistema Nacional Interconectado)
- SAF (Sistema de Administración de Fallas)
- SAM (Sistema de Administración de Mantenimientos)
- Módulos de Reportería de BOSNI – SAF – SAM.
- EMS (Energy Management System – Sistema de administración de energía)
- Sistema de grabación de voz

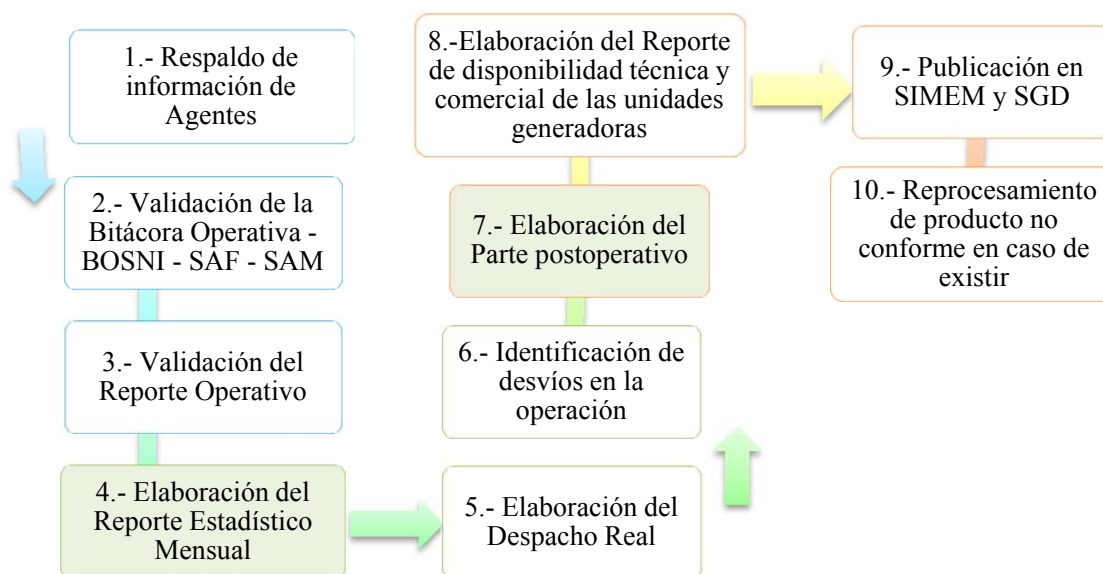
Los tres primeros se usan para ingresar en bases de datos específicas, las novedades relacionadas a la operación normal, las fallas y los mantenimientos de: todas las unidades de generación e interconexiones internacionales, todos los elementos del sistema de transmisión (transformadores, líneas de transmisión, barras, puntos de entrega, reactores, capacitores), y todos los agentes distribuidores. Para los análisis subsecuentes de la información, se obtienen las novedades operativas a través de sus módulos de reportes respectivos.

Por su parte el sistema EMS permite disponer de los datos numéricos supervisados de operación de los elementos del SNI tales como: potencias activas, potencias reactivas, voltajes, flujos, etc. y consta de una interfaz que monitorea la información en tiempo real y otra que permite obtener información histórica.

El sistema de grabación de voz permite mantener registros de la interrelación entre el CENACE y los Agentes en cuanto a: disposiciones operativas, maniobras, requerimientos de información, etc.

#### **4.3.5 Actividades**

El proceso involucra las actividades enumeradas en la Figura 37:



**Figura 37: Actividades – Subproceso: Validar y Preparar información operativa diaria**

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Manual de Procesos 2014

Las tres primeras actividades son las más relevantes, las restantes se reducen a reportes derivados de la información validada tanto de los datos numéricos (reporte operativo), como de la bitácora operativa (de generación y transmisión).

#### 4.3.6 Tiempos de ejecución

El total del subproceso toma 7 horas en días laborables y 6 horas en fines de semana y feriados. Las tres actividades principales indicadas en el ítem anterior, demandan un promedio de 2.5 horas/hombre trabajando 2 funcionarios en días laborables y 4 horas/hombre trabajando 1 funcionario en días no laborables. En este último caso se reduce 1 hora con respecto a los días normales porque no se ejecuta el proceso completo (no se realizan las actividades 4 y 7 resaltadas en gris en la Figura 37).

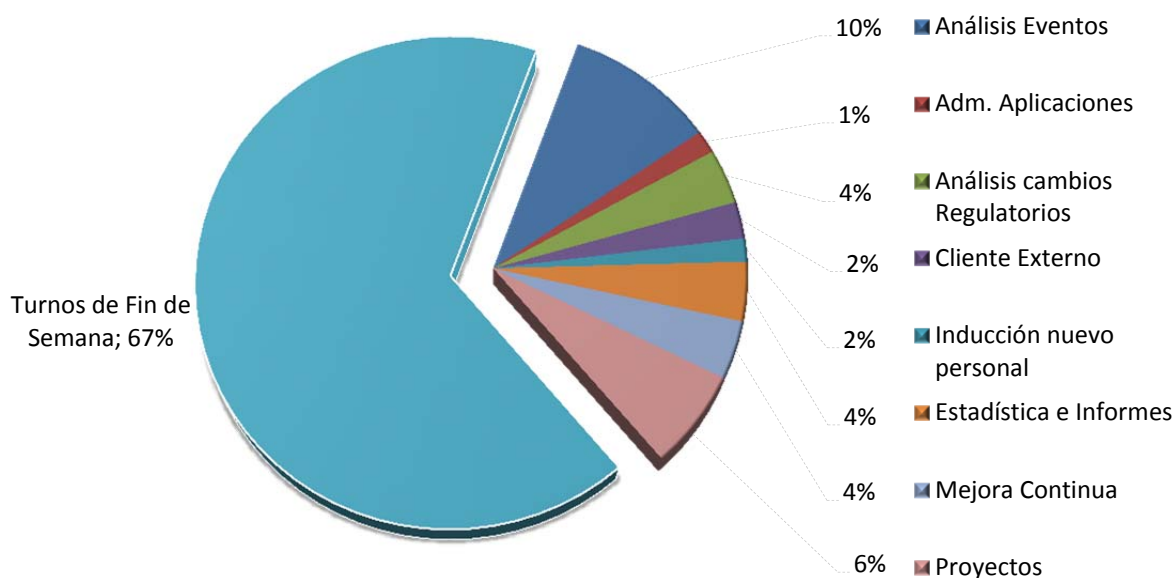
#### 4.3.7 Responsables de ejecución

Cinco son los funcionarios que ejecutan el subproceso en función del turno asignado, de los cuales: 2 tienen una antigüedad de 11 años en el AADO, 1 tiene una antigüedad de 4 años y 2 funcionarios fueron contratados hace 1 año.

Todos recibieron la capacitación respectiva y adicionalmente cuentan con el soporte de un procedimiento específico en el que se detallan las actividades a ejecutar.

#### 4.3.8 Rubros por horas extras

Como se indicó, el proceso se realiza todos los días del año sin excepción, por tanto genera montos por horas extras cuando es ejecutado en días no laborables, las cuales son reconocidas económicamente conforme lo estipulado en el Código de Trabajo. Se conoce que en promedio, del total de pago mensual por horas extras a la Dirección de Operaciones, alrededor del 25% le corresponde al AADO. Si se hace una clasificación de las horas empleadas por actividad, se tiene lo indicado en la Figura 38:



**Figura 38: Clasificación de horas extras de AADO**

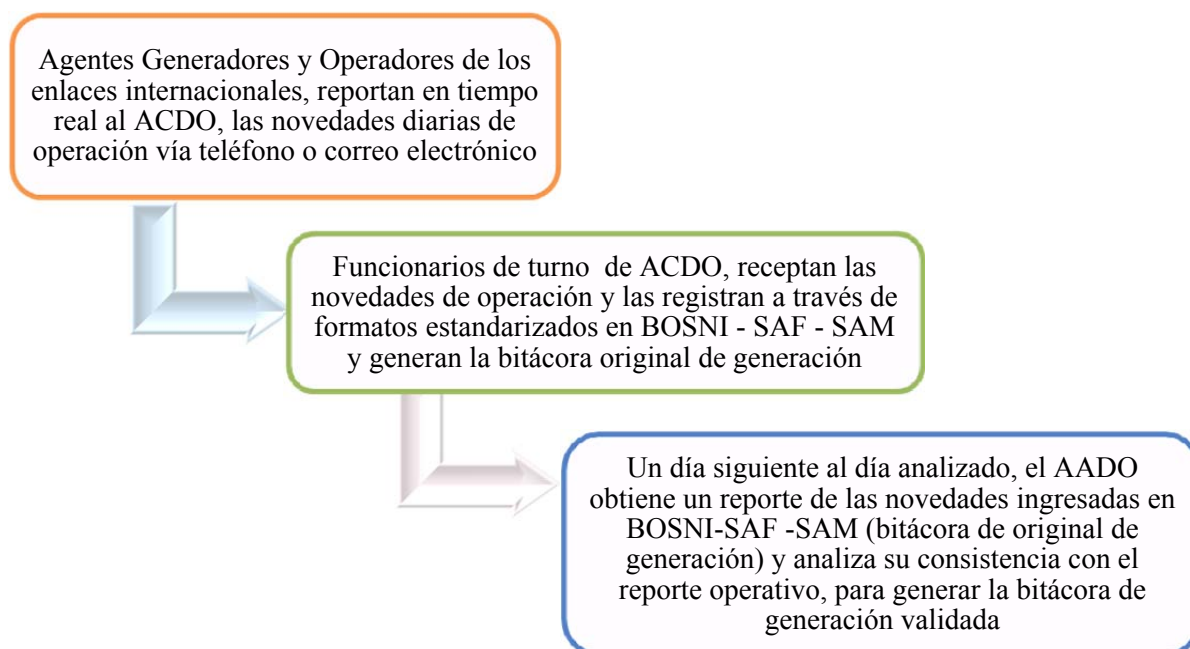
Fuente: CENACE, Dirección de Administración y Finanzas, 2013

Se observa que el 67% ha sido empleado en procesos de fin de semana y feriados, el 20% en gestión de requerimientos de clientes internos y externos y el 13% restante en administración de proyectos.

De las tres principales actividades mencionadas en el apartado 4.3.5, las número 2 y 3 (Figura 37) relacionadas con la validación de la información operativa, en especial de la bitácora de generación es la que revierte mayor relevancia pues en ella existen novedades que activan cálculos de características técnicas de las unidades, que luego son traducidos a montos económicos; también es la que conlleva el mayor tiempo (y por ende en días no laborables, el mayor número de horas extras), por lo tanto, a continuación se focaliza el análisis en la misma.

#### 4.4 VALIDACIÓN DE LA BITÁCORA OPERATIVA DE GENERACIÓN

Todos los días, CENACE a través de la Dirección de Planeamiento (DPL), planifica la operación del sistema eléctrico, con el objetivo de abastecer la demanda energética diaria del país al mínimo costo posible y cumpliendo los criterios de calidad y seguridad. Dicha planificación es comunicada a los Agentes a través de su publicación en el portal web corporativo y posteriormente se establece una interacción entre las dos partes conforme se muestra en la Figura 39.



**Figura 39: Interacción entre Cenace y Agentes para registro de novedades operativas**

Fuente: Elaboración propia



Cabe mencionar que los Agentes, incluidos los Administradores de las Interconexiones Internacionales, operan sus equipos conforme la planificación, manteniendo una coordinación constante con los funcionarios de turno del ACDO que laboran en turnos de 8 horas diarias, las 24 horas del día y los 365 días del año.

La bitácora de generación original que en primera instancia es respaldada por AADO en una ubicación específica por requerimientos de auditoria, contiene un número variable de novedades que depende de las condiciones operativas del día analizado, en otras palabras, del número de unidades generadoras que operen.

Para disponer de la bitácora de generación validada, en el proceso de validación se pueden eliminar o modificar las novedades erróneas, o a su vez crear las faltantes, observando siempre consistencia con los datos numéricos del reporte operativo.

#### **4.4.1 Novedades de generación**

Las novedades de generación se registran en la bitácora bajo una estructura estándar definida y permiten determinar tres parámetros fundamentales para cada unidad de generación:

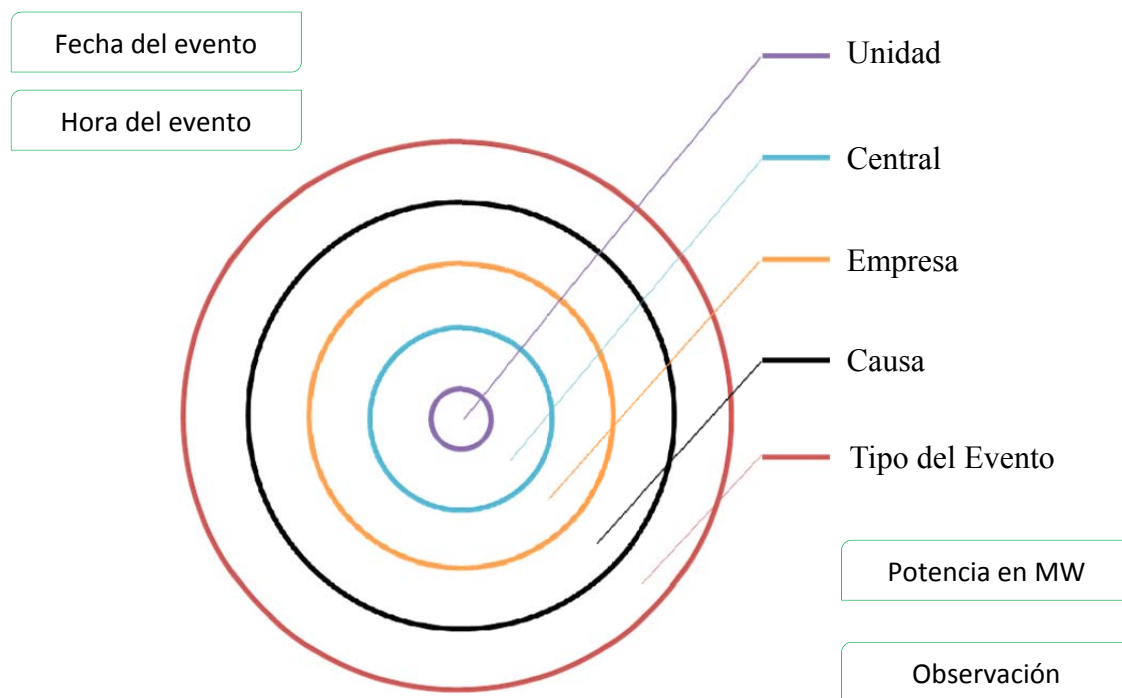
1. El tiempo de operación calculado como la diferencia entre las horas de ingreso y salida de operación o disparo.
2. El valor de disponibilidad asociado a los periodos en los que la unidad puede dar toda su capacidad, o la misma se restringe o anula cuando se realizan mantenimientos o pruebas, o cuando se registran disparos.
3. El causal de operación que puede ser económico o no, y en base al cual se calculan horariamente los costos marginales de energía.

Tanto la disponibilidad, como el causal de operación tienen repercusiones económicas; por un lado la disponibilidad tiene un reconocimiento económico a los Agentes propietarios y, por otro, los costos horarios marginales de energía calculados en base a los

causales de operación, son empleados para las liquidaciones económicas de las transacciones con los países interconectados Colombia y Perú.

#### 4.4.2 Estructura de las novedades de generación

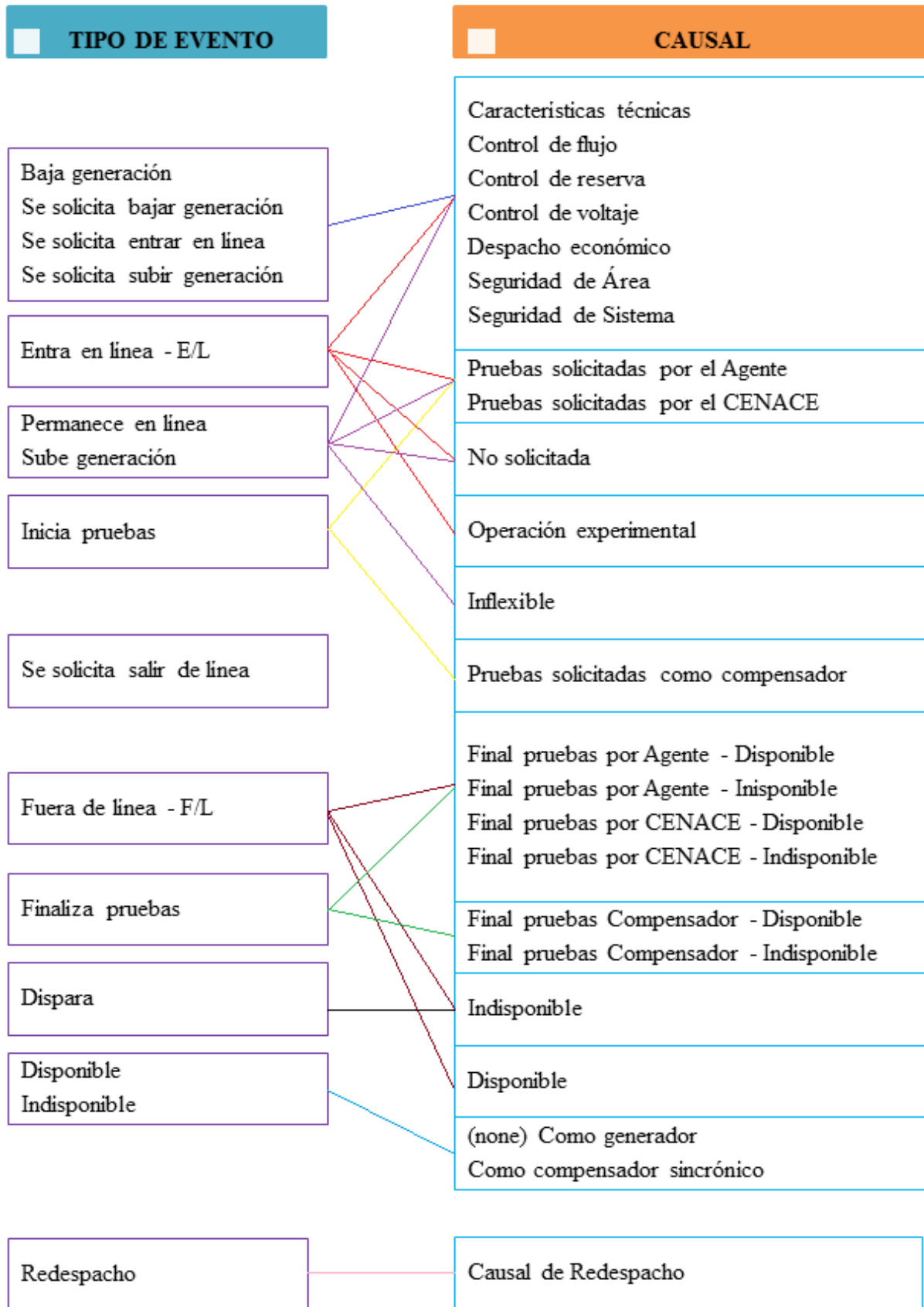
En vista de que se realizan cálculos con las novedades de generación ingresadas en BOSNI-SAF-SAM, éstas deben estructurarse de una manera específica y contener los siguientes componentes (Figura 40):



**Figura 40: Estructura de novedades de generación**

Fuente: Elaboración propia

La clasificación de los tipos de eventos y causas varía dependiendo de si la novedad está relacionada con: tiempo de operación, causal de operación, disponibilidad, redespachos, fallas o mantenimientos. Las opciones que se manejan al momento, se muestran en la Figura 41:



**Figura 41: Tipos de Eventos y Causales**

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4.3 Proceso de validación de las novedades de generación**

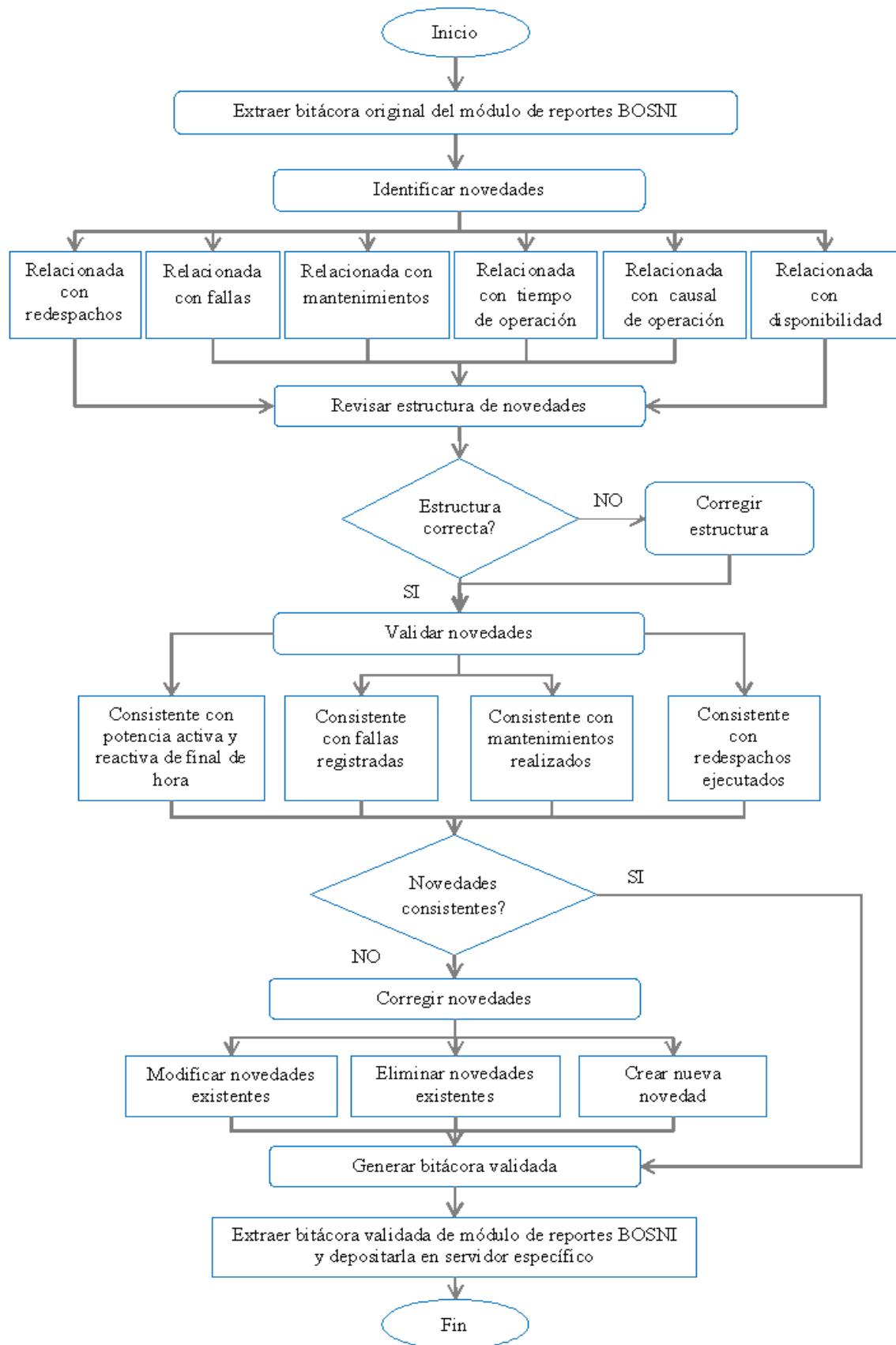
En primera instancia, cada una de las novedades ingresadas por el ACDO en los sistemas BOSNI – SAM - SAF es cotejada manualmente con su correspondiente valor numérico horario, utilizando el siguiente criterio: si la novedad es “E/L – entra en línea” (con cualquier causal), la unidad generadora debe presentar un valor numérico de potencia activa y reactiva al minuto final de la hora en la que ingresó o si la novedad es “F/L – fuera de línea” (con cualquier causal) o “Dispara”, la unidad generadora debe estar con cero en potencia activa y reactiva en el minuto final de la hora en la que salió de operación.

Como siguiente paso se valida el valor de potencia activa con el que se registra la novedad, especialmente aquellos valores que involucran indisponibilidades, restricciones, fallas o mantenimientos. También se valida el causal de operación de las unidades generadoras tomando como referencia la programación realizada por DPL a través de los despachos programados o los redespachos realizados por ACDO.

Finalmente se verifica la existencia de novedades relacionadas con redespachos, toda vez que los mismos hayan sido elaborados y puestos en vigencia por el ACDO.

En el caso de que se presenten inconsistencias, los datos numéricos o las novedades de generación se corrigen según corresponda. En este punto es necesario acotar que ya que la mayoría de los datos numéricos son tomados automáticamente del sistema EMS descrito anteriormente, son las novedades de generación las que generalmente deben ser modificadas, eliminadas o creadas.

Adicionalmente, todas las modificaciones, eliminaciones o creaciones de novedades realizadas por los funcionarios del AADO son hechas de manera manual y directamente en los mismos sistemas empleados por ACDO, es decir en BOSNI – SAM y SAF, esto con el objeto de que todo quede a nivel de base de datos. Las actividades realizadas en el proceso se especifican en el diagrama de flujo de la Figura 42:



**Figura 42: Proceso de validación de novedades de generación**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.4 Mediciones

En el contrato cliente-proveedor pactado con la Dirección de Transacciones Comerciales – DTC, entre otros indicadores, se establecen dos para medir la oportunidad y calidad de la bitácora de generación validada, mismos que se detallan en la Figura 43:

	<b>DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR</b>
<b>DOCUMENTO</b>	CONTRATO DTC - DOP
<b>CÓDIGO</b>	IOI03
<b>NOMBRE</b>	Oportunidad en la Entrega de Información Diaria en el Sistema BOSNI (Novedades de Generación y Transmisión)
<b>DEFINICIÓN</b>	<p>Mide el tiempo de retraso en la entrega de la información de las novedades de Generación y Transmisión en el Sistema BOSNI.</p> <p>La inclusión de las novedades operativas de Generación, Transmisión e Interconexiones Internacionales, serán ingresadas a los sistema BOSNI, SAF o SAM hasta máximo las 8:30 del segundo día posterior a la operación.</p>
<b>FÓRMULA</b>	$1 - \max \left( 0, \left( \frac{NDI - NMRM}{NDB} \right) \right)$
<b>DESCRIPCIÓN FÓRMULA</b>	<b>NDI</b> = Número de Incumplimientos
	<b>NMRM</b> = Número Máximo de Retrasos Mensuales
	<b>NDB</b> = Número de Base igual a 12
<b>META</b>	El NMRM sea igual a 2

	<b>DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR</b>
<b>DOCUMENTO</b>	CONTRATO DTC - DOP
<b>CÓDIGO</b>	IOI10
<b>NOMBRE</b>	Calidad en la Información Diaria (Novedades de Generación y Transmisión), Sistema BOSNI
<b>DEFINICIÓN</b>	<p>Mide los cambios en los eventos de generación y transmisión en el Sistema BOSNI, por causas asignables a la DOP, luego del primer día de ocurrida la operación.</p> <p>Se entenderán como novedades inconsistentes o incompletas asignables a la DOP cuando:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faltare alguna de las novedades que mencionen redespachos o reportes de falla en el sistema, toda vez que se presente la existencia de dichos archivos en las ubicaciones definidas en este contrato.</li> <li>- Faltare un valor de potencia cuando existan eventos con la calificación de pruebas solicitadas por el agente, pruebas solicitadas por el Cenace, inflexible o no solicitada, según se detalla en el Anexo 1.</li> <li>- Faltare un evento o calificación de evento que defina la indisponibilidad o disponibilidad (con su respectivo dato de potencia) de una unidad de generación o compensador síncrono.</li> <li>- Faltare especificar el Agente a quien se le atribuya la asignación de una generación no económica por condiciones técnicas particulares (sobrecostos) y el periodo de aplicación.</li> <li>- Faltare o se encuentre incompleto el "Tipo de Evento" con su correspondiente "Calificación del Evento" en el sistema BOSNI.</li> <li>- Faltare el registro de las horas de entrada y salida de unidades de generación térmica que estuvieron en línea en tiempos menores a 24 horas.</li> <li>- Faltare el ingreso o la eventual condición operativa diferente a la planificada de una unidad de generación, se tendrá como base de análisis los despachos programados y redespachos, estos últimos en caso de existir. Se excluye la entrega de excedentes que no han sido planificados.</li> <li>- La inclusión de cualquier evento, luego del primer día de operación, que sea responsabilidad de DOP y que no sea consecuencia de un reclamo realizado por un Agente.</li> </ul>
<b>FÓRMULA</b>	$1 - \max \left( 0, \left( \frac{NCDOP - NMCDOP}{NCB} \right) \right)$
<b>DESCRIPCIÓN FÓRMULA</b>	<p><b>NCDOP</b> = Número de días con incumplimientos de acuerdo a la Definición, cuyo número supere el 8% de las novedades totales del día analizado.</p> <p><b>NMCDOP</b> = Número Máximo de reportes con Cambios por causas asignables a la DOP.</p>
	<b>NCB</b> = Número de Cambios Base igual a 12
<b>META</b>	El NMCDOP igual a 3

**Figura 43: Indicadores de calidad y oportunidad para bitácora de generación validada**

Fuente: Elaboración propia

La ponderación asignada para el indicador IOI-03 (oportunidad) es del 5%, mientras que para el indicador IOI-10 (calidad) es del 20%.

Por la criticidad que involucra este producto, las Figuras 44 y 45 tabulan la tendencia de los dos indicadores para los últimos años:

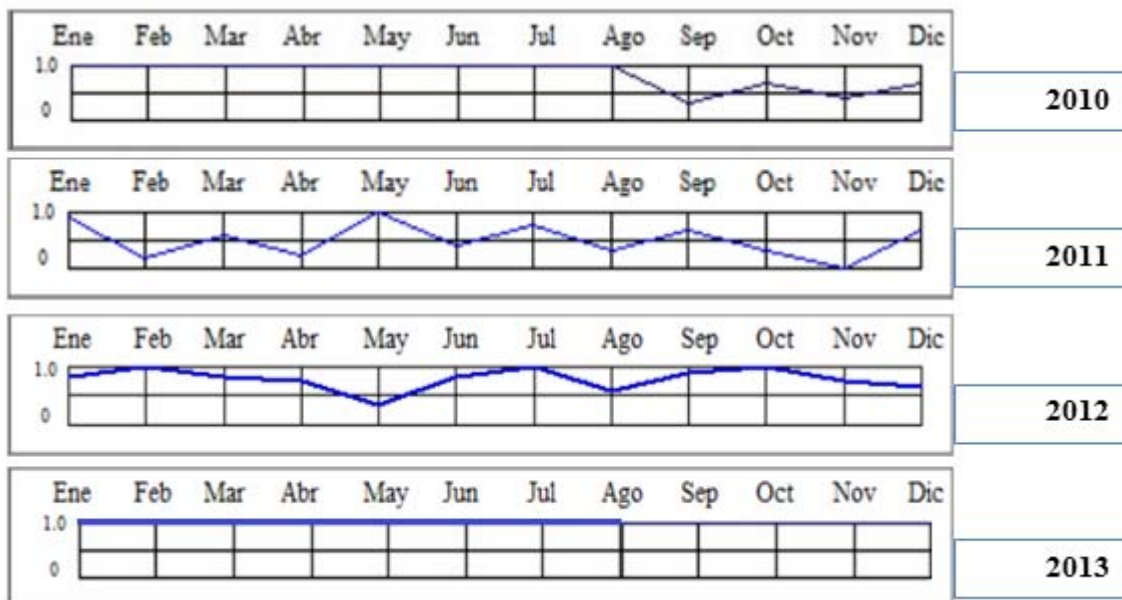
Oportunidad en la entrega de la bitácora de generación validada:

AÑO	Descripción	Tendencia
2011	OPORTUNIDAD EN LA ENTREGA DE INFORMACIÓN DIARIA EN EL SISTEMA BOSNI (NOVEDADES DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN)	
2012	OPORTUNIDAD EN LA ENTREGA DE INFORMACIÓN DIARIA EN EL SISTEMA BOSNI (NOVEDADES DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN)	
2013	OPORTUNIDAD EN LA ENTREGA DE INFORMACIÓN DIARIA EN EL SISTEMA BOSNI (NOVEDADES DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN)	

**Figura 44: Evolución mensual del índice de oportunidad 2011-2013**

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Indicadores de Gestión 2011-2013

Calidad de la bitácora de generación validada:



**Figura 45: Evolución mensual del índice de calidad 2011-2013**

Fuente: CENACE, Análisis y Control, Indicadores de Gestión 2011-2013

Los valores mensuales evidencian que no se presentan inconvenientes en cuanto a oportunidad, no así en lo que respecta a calidad, pues a partir del mes de julio de 2010 y hasta diciembre del 2012, se observa una considerable variabilidad registrándose valores inferiores al 50% del valor objetivo, e incluso en ciertos meses el indicador toma valores de 0.

Se nota adicionalmente que de enero a agosto del 2013, el indicador de calidad se mantiene en 1, sin embargo, esto no significa que no existan inconvenientes en el cumplimiento de los requisitos (como se evidencia más adelante en el capítulo 5).

Al revisar el motivo de la estabilización del índice en 1, se encontró que en el nuevo contrato cliente-proveedor vigente desde enero del 2013, se redefinió el criterio de incumplimiento, es decir, hasta diciembre del 2012 toda bitácora validada que registraba aunque sea una sola novedad errónea, se consideraba como incumplimiento, mientras que para el 2013, el incumplimiento considera solamente las bitácoras validadas en las que el número de novedades erróneas superen el 8% del total de novedades del día analizado.

#### **4.4.5 Situaciones detectadas**

Lo que se ha detallado en este capítulo, permite deducir lo siguiente:

- De todos los procesos del AADO, el relacionado con “Preparar Información Operativa”, es el principal proveedor de información para los Agentes del Sector Eléctrico y también para la ejecución de los procesos subsiguientes del AADO y otras áreas del CENACE.
- Dentro del proceso “Preparar Información Operativa”, el subproceso “Validar y preparar información operativa diaria” es el que tiene más indicadores y casi la mitad de ellos registra alta variabilidad en sus valores mensuales.
- El subproceso “Validar y preparar información operativa diaria” involucra alrededor de 10 actividades para generar los productos finales, de éstas, 3 son las más relevantes pues están relacionadas directamente con la validación de los datos



numéricos y de las novedades operativas y concentran aproximadamente el 70% del tiempo total de ejecución del subproceso.

- Para disminuir el tiempo del subproceso en días no laborables (y el pago de horas extras por dicho concepto), el proceso lo realiza un solo funcionario y el número de productos finales disminuye.
- El tiempo de validación de la bitácora de generación es considerable en función del número variable de novedades diarias y del margen de errores (estructura incorrecta o falta de novedades) que tenga la bitácora original generada por el ACDO y tiene relación directa con el pago de horas extras cuando el mismo se ejecuta en días no laborables.
- Del total del pago por horas extras que recibe la DOP, casi el 25% le corresponde al AADO y de dicho porcentaje, el 67% se destina al pago de los sobretiempos empleados en la ejecución de procesos en días no laborables.
- Los principales productos finales son: el reporte operativo validado (con datos numéricos de operación) y la bitácora operativa validada (con novedades operativas), pues no se puede generar los productos subsiguientes si éstos no están terminados.
- Ya que el reporte operativo en su mayoría contiene datos numéricos supervisados automáticamente con sistemas tecnológicos, la validación de la bitácora operativa (en especial de la bitácora de generación) es la actividad más demandante y al momento se lo hace de forma manual.
- Los errores que hayan en la bitácora de generación pueden impactar económicamente en dos aspectos: por un lado, pueden afectar a los Agentes generadores, específicamente en el monto que se les reconoce por disponibilidad de generación, y, por otro, las novedades incorrectas asociadas a la calificación de

la operación de las unidades de generación pueden hacer cambiar el precio horario de la energía con el que se realizan las liquidaciones comerciales, derivando en una afectación económica al país.

- Por la importancia que conlleva la bitácora de generación validada en los procesos de la DTC especialmente, existen dos indicadores que miden tanto la oportunidad, como la calidad de la misma.
- El indicador de calidad es el más preponderante y presenta una considerable variabilidad mensual hasta diciembre del 2012 alcanzando incluso valores de cero, es decir se incumplió totalmente los requisitos del cliente afectando su satisfacción; en cuanto al indicador de oportunidad, éste no registra incumplimientos.
- A pesar de que a partir del 2013, el indicador de calidad de la bitácora validada se ha mantenido en 1, en la realidad siguen presentándose bitácoras de generación con errores que conllevan reprocesos posteriores.

## **5 APLICACIÓN DE LAS FASES DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA AL PROCESO SELECCIONADO**

En base a lo expuesto en el capítulo 4, se ha detectado que el principal factor en la calidad y el número de horas que toma realizar el proceso “Preparar Información Operativa Diaria”, es la depuración de la bitácora operativa y su consistencia con los datos numéricos del reporte operativo, en especial de la bitácora de generación, por tanto, el subproceso de mejora seleccionado es el de “Validar Bitácora Operativa de Generación”.

Partiendo de lo detallado en el numeral 4.4.5, de este subproceso se pueden resaltar los siguientes inconvenientes:

- El indicador actual de calidad, no es efectivo para garantizar que no se presenten o al menos que se reduzcan al mínimo posible el número de bitácoras de generación mal validadas y los reprocesos correspondientes, evidenciándose que no existe un adecuado análisis del desempeño del subproceso, sino solamente se realizan reajustes en las definiciones o metas para mejorar el valor del indicador, pero no para identificar las causas que deterioran la calidad de la bitácora de generación validada.
- El procedimiento netamente manual con que se realiza el proceso de validación conlleva un tiempo que se torna un cuello de botella, pues el resto de productos no pueden elaborarse hasta no contar con la bitácora validada final.
- La afectación al cliente se incrementa en los días no laborables pues los productos elaborados disminuyen con el objetivo de minimizar el número de horas extras empleadas

- La falta de calidad en las bitácoras de generación validadas, tienen fuerte impacto económico a nivel de los Agentes generadores y también en la liquidación de las transacciones internacionales de electricidad.
- Hay una desoptimización de recursos (de personal y de tiempo) que podrían ser empleados en proyectos o actividades más afines a la ingeniería eléctrica, especialmente en días laborables en los que el subproceso es ejecutado por dos funcionarios.
- El porcentaje de pago por horas extras empleadas en la ejecución del proceso en días no laborables es alto, alcanzando el 67% del total del valor que le corresponde al AADO.

Por lo indicado, la aplicación de las etapas DMAMC de la metodología Six Sigma se enfocará en dos aristas: 1) incrementar la calidad de la bitácora de generación; y, 2) disminuir el tiempo que conlleva su validación. El solventar estos dos aspectos, consecuentemente aumentará la satisfacción de los clientes y disminuirá el monto a pagarse por las horas extras de días no laborables.

A continuación se expone la aplicación misma de las cinco fases del esquema DMAMC al subproceso elegido, para lo cual y por la practicidad que denotan, se consideran los pasos detallados en el libro “Las claves prácticas de seis sigma”

## **5.1 FASE DEFINIR**

### **5.1.1 DEFINIR, primer paso: Desarrollo del cuadro de proyecto DMAMC**

El proyecto elegido, la afectación actual, los beneficios esperados y la planificación respectiva, se muestran en la Figura 46.

Título del proyecto: Mejorar el proceso de validación de la bitácora operativa de generación			
<p>Jefe de Proyecto:</p> <p>Dana Quirola, jefa de equipo</p>		<p><u>Miembros de equipo:</u></p> <p>Funcionarios del AADO</p>	
<p><u>Caso de negocio:</u></p> <p>El indicador de calidad de la bitácora operativa validada de generación presenta tendencias desfavorables, afectando la satisfacción de los clientes internos. Aunque en el 2013 se introdujeron cambios en su definición, éstos no han sido efectivos para aumentar la calidad de la misma.</p>		<p><u>Declaración del objetivo:</u></p> <p>Para el tercer trimestre del 2014:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Disminuir en alrededor del 25% el tiempo de validación de la bitácora de generación.</li> <li>* Disminuir de 2 a 1, el número de funcionarios que valida la información operativa en días laborables.</li> <li>* Minimizar lo máximo posible el número de novedades erróneas en la bitácora de generación validada.</li> </ul>	
<p><u>Declaración del problema/oportunidad:</u></p> <p>Se registra falta de calidad en las bitácoras de generación validadas; tema que se refleja en el indicador IOI-10 establecido en el contrato cliente-proveedor DTC-DOP, el cual presenta alta variabilidad, alcanzando incluso valores de cero en algunos meses (periodo Agosto 2010 – Agosto 2013). Por otro lado, la elaboración de dicho producto demanda alrededor de 4 horas en días no laborables, valor que influye en el monto que se reconoce por horas extras.</p>			
<p><u>Alcance del proyecto, restricciones, compromisos:</u></p> <p>Las etapas del esquema DMAMC serán desarrolladas por una sola persona (la autora de esta tesis) quien al finalizar el estudio, presentará los principales resultados y mejoras introducidas en el proceso analizado.</p> <p>La recolección de los datos será realizada en el AADO.</p>		<p><u>Partes interesadas:</u></p> <p>DTC, DPL, AC, DOP</p> <p>Agentes del Sector Eléctrico</p>	
PLANIFICACIÓN PRELIMINAR	Fecha objetivo	Fecha real	
Fecha de comienzo:	Oct / 2013		
DEFINIR	Nov / 2013		
MEDIR	Dic / 2013 – Ene/2014		
ANALIZAR	Feb - Abr / 2014		
MEJORAR	May - Jul / 2014		
CONTROLAR	Ago – 2014		
Fecha de finalización:	Sep - 2014		

**Figura 46: Cuadro de proyecto six sigma**

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2 DEFINIR, segundo paso: Identificación de los requisitos del cliente

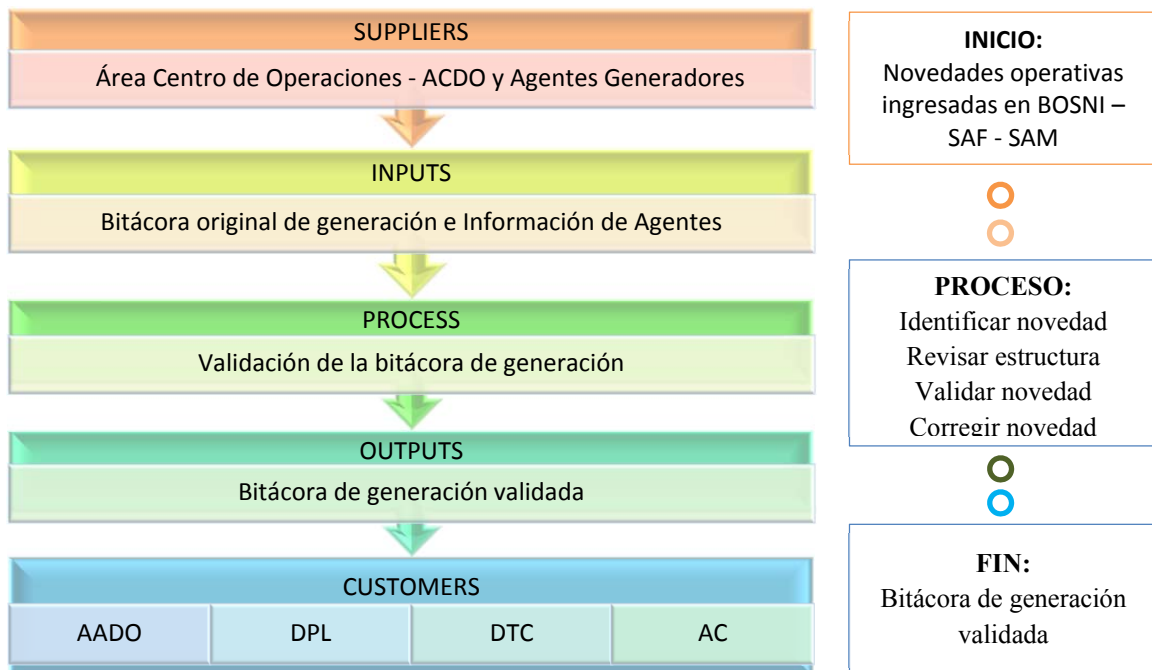
Por el impacto que tiene en sus procesos la calidad y oportunidad con la que se entrega la bitácora validada de generación, el principal cliente interno es la Dirección de Transacciones Comerciales y sus requisitos se encuentran establecidos en el contrato DTC – DOP vigente; que especifica para la bitácora de generación validada lo siguiente:

- Que sea entregada hasta máximo las 08:30 del segundo día posterior a la operación.
- Que contenga todas las novedades de los redespachos ejecutados o de las fallas registradas.
- *Que estén completas las horas de ingreso y salida de las unidades generadoras.*
- *Que estén completas las novedades que implican causales de operación, tanto de las unidades de generación, como de la importación por los enlaces internacionales.*
- Que se registren los valores de potencia activa (MW) en la novedad cuando se realicen pruebas en las unidades generadoras, o éstas se encuentren inflexibles o hayan operado sin haber sido solicitadas.
- *Que no falten novedades que definan la disponibilidad o indisponibilidad de las unidades de generación.*
- Que se especifique a qué Agente se deben asignar sobrecostos en el caso de que los hubiere.
- *Que el número máximo de bitácoras de generación validadas que contengan errores sean de 3 al mes.*

De acuerdo a los funcionarios de DTC, los requisitos resaltados en negrilla y cursiva, son los prioritarios.

### 5.1.3 DEFINIR, tercer paso: Identificación y documentación del proceso

Para definir el proceso, se elabora un diagrama SIPOC<sup>7</sup> el cual incluye un mapa del proceso de alto nivel (con pocos detalles) que se muestra en la Figura 47. Se amplía un poco las actividades del proceso propiamente dichas, esto con el fin de resaltar las etapas en las que puedan encontrarse las causas del problema declarado.



**Figura 47: Diagrama SIPOC del proceso**

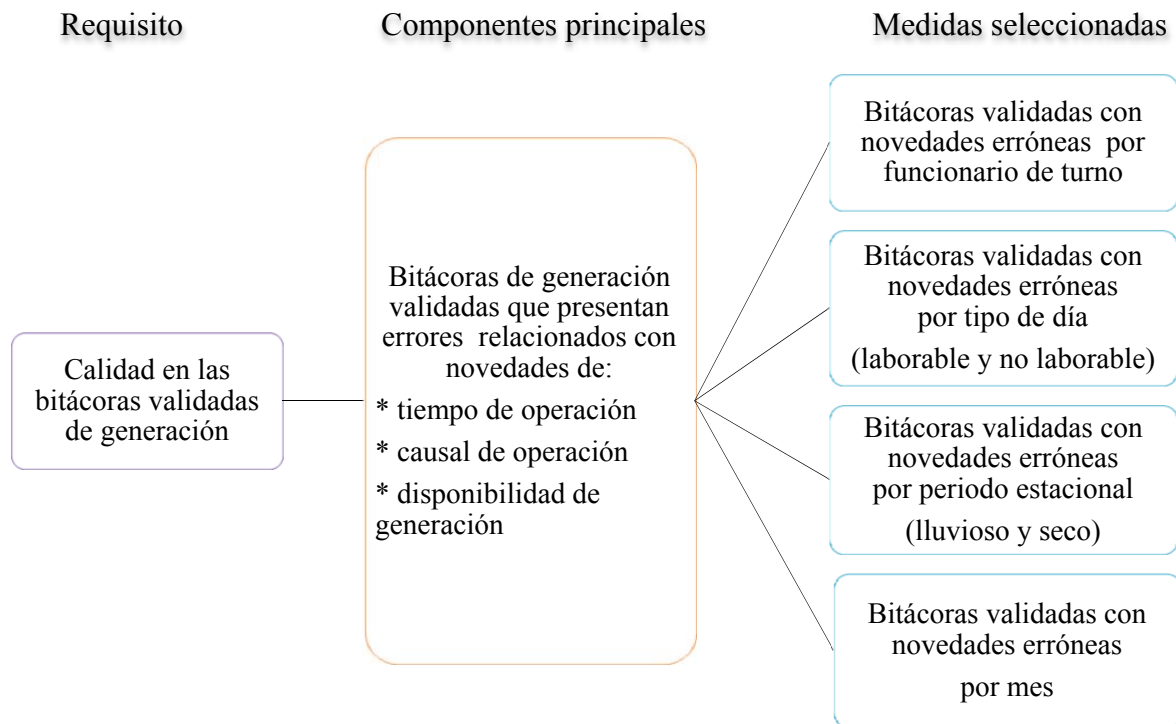
Fuente: Elaboración propia

## 5.2 FASE MEDIR

### 5.2.1 MEDIR, primer paso: Selección de lo que se desea medir

De los requisitos del cliente listados en Definir – segundo paso, se estableció como prioridad la calidad de las novedades relacionadas con: tiempo de operación, causal de operación y disponibilidad de generación, por lo que para identificar las medidas relacionadas, se emplea el diagrama de árbol de CTQ (características críticas para la calidad) que se muestra en la Figura 48.

<sup>7</sup> SIPOC: Suppliers – Input – Process – Output – Customer (Proveedores – Entradas – Proceso – Salidas – Clientes)



**Figura 48: Diagrama de árbol de características críticas para la calidad**

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2 MEDIR, segundo paso: Desarrollo de definiciones

Para describir de forma clara y comprensible lo que se va a observar y medir, se plantean las siguientes definiciones operativas:

*Novedad errónea: es toda novedad que no tenga la estructura detallada en la sección 4.4.2 asociada al tiempo de operación, causal de operación y disponibilidad de generación y que requiere ser corregida (modificada, eliminada o creada).*

*Bitácora de generación errónea: es toda bitácora validada, que contenga al menos una novedad errónea.*

### 5.2.3 MEDIR, tercer paso: Identificación de fuentes de datos

Se disponen al momento de dos fuentes de datos:



1. Datos históricos que fueron registrados por el funcionario de DTC que empleó en sus procesos la bitácora de generación validada y encontró defectos, reflejando éstos como incumplimientos en la evaluación del indicador correspondiente en el contrato DTC-DOP.
2. Datos históricos que fueron registrados por los funcionarios del AADO que detectaron defectos en las bitácoras de generación validadas durante la ejecución del proceso de validación de las bitácoras de generación de días posteriores.

#### **5.2.4 MEDIR, cuarto paso: Preparación de plan de recogida y muestreo**

##### **a) Identificación de factores de estratificación**

Para tratar de obtener pistas de las causas raíz del problema, las bitácoras validadas erróneas se estratifican en los siguientes niveles:

- Por mes.
- Por día de la semana.
- Por funcionario de turno del AADO que validó la bitácora de generación.
- Por tipo de día: laborable y no laborable.
- Por periodo estacional: seco o lluvioso.
- Por tipo de novedad corregida: de redespachos, de tiempo de operación, de causal de operación y de disponibilidad de generación.

##### **b) Desarrollo del plan de muestreo**

En esta etapa debido a que ya se disponen de datos históricos que permiten cuantificar la información en base a la estratificación elegida, no se realiza ningún muestreo y se emplea todas las fuentes disponibles para el periodo comprendido entre Enero y Agosto del 2013.

##### **c) Creación de formularios de toma de datos**

La recolección de datos consideró la plantilla de la Figura 49 y los resultados tabulados se muestran en el Anexo 2.

Día de procesamiento				Día procesado				Bitácora validada de generación			Novedades erróneas relacionadas con				
Fecha	Día	Tipo de día	Mes	Fecha	Día	Tipo de día	Periodo estacional	Número de fallas de generación	Número total de novedades	Numero de novedades corregidas	Redespachos	Tiempo de operación	Causal de operación	Disponibilidad	Funcionario de turno de AADO

**Figura 49: Plantilla de recolección de datos.**

Fuente: Elaboración propia

d) Definición de la metodología de toma de datos

La recolección de los datos considera los siguientes tipos:

- Nominal: para identificar si se cumplió o no la característica de calidad, y
- Discreto: para contabilizar el número de novedades corregidas y el número de bitácoras mal validadas.

Las mediciones se las realiza como se describe a continuación:

1. Se registra en el formulario de toma de datos, la información relacionada con el día de procesamiento, el día procesado, el funcionario de turno, el número de fallas, el número total de novedades y el número total de correcciones.
2. Para contabilizar el número de novedades erróneas por tipo, se abre en documentos independientes de Word, la bitácora original entregada por el ACDO y la bitácora validada entregada por el AADO y con la ayuda del utilitario “Comparar” se identifican los cambios realizados.

Con la metodología empleada, no existen factores externos que influyan en las mediciones y la calificación de “novedad errónea” no tiene subjetividades en función de si cumple o no con la estructura estandarizada descrita en el apartado 4.4.2.

## e) Tabulación de los datos

Entre enero y agosto del 2013, se analizaron un total de 243 bitácoras (1 bitácora de generación por día) y se encontraron 59 bitácoras validadas erróneas. El detalle y estratificación correspondiente considerando las 243 bitácoras se muestra en la Tabla 10:

Tabla 10:

**Estratificación de bitácoras de generación mal validadas**

ESTRATIFICACIÓN	DESGLOSE	BITÁCORAS TOTALES	BITÁCORAS MAL VALIDADAS	% BITÁCORAS MAL VALIDADAS
Por mes	Enero	31	15	48.4
	Febrero	28	4	14.3
	Marzo	31	7	22.6
	Abril	30	10	33.3
	Mayo	31	4	12.9
	Junio	30	10	33.3
	Julio	31	4	12.9
	Agosto	31	5	16.1
Por día de la semana	Lunes	34	10	29.4
	Martes	35	11	31.4
	Miércoles	35	10	28.6
	Jueves	35	7	20.0
	Vienes	35	6	17.1
	Sábado	35	7	20.0
	Domingo	34	8	23.5
Por funcionario de turno	Funcionario 1	121	28	23.1
	Funcionario 2	30	9	30.0
	Funcionario 3	52	10	19.2
	Funcionario 4	25	6	24.0
	Funcionario 5	15	6	40.0
Por tipo de día	Laborable	171	45	26.3
	No laborable	72	14	19.4
Por periodo estacional	Seco	90	26	28.9
	Lluvioso	153	33	21.6

**Fuente:** Elaboración propia

La tabulación de las correcciones realizadas por tipo de novedad, solamente en las 59 bitácoras mal validadas se muestra en la Tabla 11:

Tabla 11:

**Estratificación de novedades de generación erróneas en bitácoras mal validadas**

ESTRATIFICACIÓN	DESGLOSE	NÚMERO DE NOVEDADES CORREGIDAS	% RESPECTO AL NÚMERO TOTAL DE NOVEDADES CORREGIDAS
Por tipo de novedad	Relacionada con disponibilidad de generación	1828	71.8
	Relacionada con tiempo de operación	412	16.2
	Relacionada con causal de operación	251	9.9
	Otros	56	2.1

**Fuente:** Elaboración propia

Por considerarse que pudiera existir alguna interacción entre el número de novedades registrado en la bitácora y el número de fallas de generación, también se recolectaron los datos correspondientes clasificándolos por mes y por día de la semana para todo el periodo analizado (243 días); dichos datos y otros de interés se muestran en el Anexo 3.

### 5.2.5 MEDIR, quinto paso: Cálculo del nivel Sigma inicial para el proceso completo

Finalizada la recolección, con los datos obtenidos se realiza el cálculo del nivel sigma actual del proceso, como sigue a continuación:

a) Selección del proceso, la unidad y los requisitos

- *Identificación del proceso a evaluar:*

Validación de la bitácora de generación.

- *Qué es lo principal que produce el proceso? (unidad):*

Bitácoras validadas de las unidades de generación.

- *Cuáles son los requisitos clave del cliente para la unidad?*

Que estén correctas las novedades relacionadas con los redespachos y con la operación de las unidades de generación.

b) Definición de los “defectos” y el “número de oportunidades”

- *Cuáles son los posibles defectos en una sola unidad?*

Los definidos en el numeral 5.1.2.

- *Cuántos defectos pueden hallarse en una sola unidad?*

Agrupando los defectos, éstos se reducen a 4 categorías:

Que contenga novedades erróneas relacionadas con redespachos.

Que contenga novedades erróneas relacionadas con tiempos de operación.

Que contenga novedades erróneas relacionadas con causal de operación.

Que contenga novedades erróneas relacionadas con disponibilidad de generación.

c) Cálculo del número de defectos por millón de oportunidades - DPMO

- *Cuántas unidades se generaron en el periodo analizado?*

243 bitácoras validadas de generación.

- *Cuántas unidades se generaron con defectos?*

59 bitácoras validadas de generación presentaron errores.

- *Cálculo del total de oportunidades*

(# unidades contabilizadas x oportunidades) =  $243 \times 4 = 972$

- *Cálculo de los defectos por millón de oportunidades - DPMO*

(# defectos contabilizados / total de oportunidades)  $\times 10^6 = (59 / 972) \times 10^6$   
 $= 60699.6$  DPMO

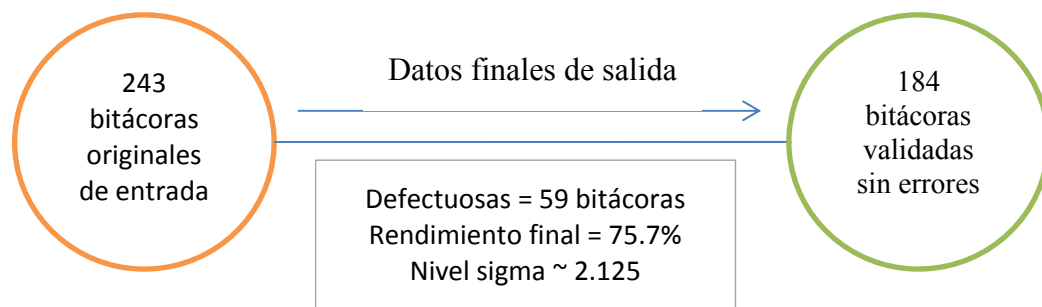
d) Conversión de DPMO en nivel Sigma

Para este paso se emplea la tabla de conversión que consta en el Anexo 4.

- *Nivel sigma del proceso:* Cercano a 3.
- *Rendimiento:* Alrededor del 93.33%.

## 5.2.6 MEDIR, sexto paso: Cálculo del rendimiento final y el rendimiento a la primera

Considerando solamente las salidas del proceso y su capacidad para cumplir los requisitos del cliente, el rendimiento final y nivel sigma se muestran en la Figura 50:

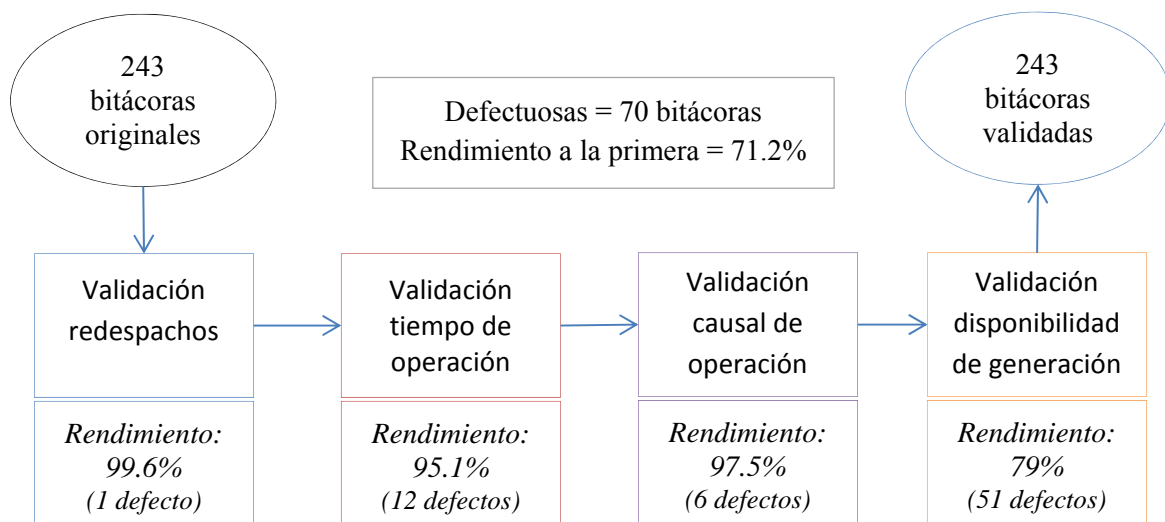


**Figura 50: Rendimiento final y nivel sigma**

Fuente: Elaboración propia

El nivel sigma es bajo lo cual refleja que algo no funciona adecuadamente al interior del proceso tornándose necesario calcular el “rendimiento a la primera” el cual se asocia al número de unidades que no necesitaron retrabajo antes de ser entregados al cliente. Para el proceso estudiado dicho valor es **0%** pues todas las bitácoras originales necesitaron ser corregidas antes de ser liberadas a la DTC.

Para ubicar a donde se deben dirigir los esfuerzos de mejora, se divide el proceso de validación en 4 componentes internos y se calcula el rendimiento a la primera de los mismos, los resultados obtenidos se muestran en la Figura 51.



**Figura 51: Rendimiento a la primera**

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el componente asociado a la validación de las novedades de disponibilidad de generación es el que presenta el rendimiento más bajo.

### 5.2.7 MEDIR, séptimo paso: Cálculo de los costos de la mala calidad

Puesto que no se fabrican productos tangibles, no se calculan los costos de mala calidad del material sino solamente los costos de mano de obra; los resultados se detallan a continuación:

A. Número de bitácoras validadas con errores en el periodo analizado:	59
B. Número de bitácoras validadas correctas en el periodo analizado:	184
C. Número de funcionarios que trabajan en el proceso:	1
D. Horas de trabajo en el periodo analizado:	1944
E. Sueldo promedio de funcionarios al mes:	2500
F. Sueldo por cada hora de trabajo en el periodo analizado:	10.3

$$CMC \text{ mano de obra (Ene - Ago)} = \frac{A}{B} \cdot C \cdot D \cdot F = \frac{59}{184} \times 1 \times 1944 \times 10.3 = 6413.1 \text{ USD}$$

$$CMC \text{ de mano de obra al mes} = 801.6 \text{ USD}$$

$$CMC \text{ de mano de obra al día} = 26.7 \text{ USD}$$

## 5.3 FASE ANALIZAR

Esta fase se aborda desde dos enfoques: en primer lugar se realiza un análisis de los datos recolectados para identificar patrones, diferencias o tendencias y, en segundo lugar se examina a fondo el proceso para identificar actividades sin valor, retrabajos, tiempos muertos, etc. Para los dos enfoques, se consideran dos etapas de análisis: 1) exploración, y 2) generación y verificación de hipótesis.

### 5.3.1 ANALIZAR, primer paso: Análisis de datos - Exploración

Partiendo de una simple lógica comparativa de los datos recolectados en el apartado 5.2.4, se obtiene información interesante que permite conocer el proceso, misma que se detalla a continuación:

- Una bitácora de generación contiene 318 novedades en promedio (con un máximo de 548 y un mínimo de 155, en el periodo analizado).
- Siempre (aunque sea en mínima cantidad) es necesario corregir novedades en la bitácora original entregada por ACDO. El porcentaje promedio de correcciones es del 16%.
- El número promedio diario de novedades corregidas en la bitácora entregada por ACDO es 33 (con un máximo de 126 y un mínimo de 2). Si se analiza solamente las bitácoras mal validadas, dicho valor se eleva a 47 novedades corregidas (con un máximo de 126 y un mínimo de 19).
- El número promedio mensual de bitácoras mal validadas es de 8 (24.2%).
- Considerando el funcionario de turno que valida la bitácora, los funcionarios F1 y F3 son los que más ejecutan el proceso de validación y el funcionario F5 es el que menos lo ejecuta; los funcionarios F2 y F4 presentan valores similares.
- Considerando el periodo estacional (Seco: Octubre a Marzo y Lluvioso: Abril a Septiembre), en la época seca es mayor el porcentaje de bitácoras mal validadas; sin embargo no hay que perder de vista que de los seis meses del periodo seco, solo se analizaron enero, febrero y marzo.
- Considerando el tipo de día y el día de la semana, el mayor número de bitácoras mal validadas se registra en los días laborables y dentro de éstos en los días martes (seguido de los lunes y miércoles).
- Desglosando las bitácoras mal validadas por tipo de novedad incorrecta, se tiene que casi las tres cuartas partes están relacionadas con novedades erróneas de disponibilidad de generación.

### **5.3.2 ANALIZAR, segundo paso: Análisis de datos - Planteamiento de hipótesis**

Lo analizado preliminarmente hasta aquí, permite suponer lo siguiente:



- Hipótesis 1: Las bitácoras mal validadas dependen del tipo de día (laborable o no laborable), del día de la semana, del mes o del periodo estacional al que corresponda la bitácora.
- Hipótesis 2: El número de bitácoras mal validadas depende del funcionario que la valide.
- Hipótesis 3: El número de bitácoras mal validadas depende del tipo de novedad errónea (de disponibilidad de generación, de causal de operación, de tiempo de operación, de redespachos).
- Hipótesis 4: Las bitácoras mal validadas dependen de la calidad de la bitácora original entregada por el ACDO y de las correcciones que deban realizarse.

### **5.3.3 ANALIZAR, tercer paso: Análisis de datos - Verificación de hipótesis**

En base a las hipótesis planteadas, a continuación se emplean diferentes herramientas estadísticas descritas en el Capítulo 3 (sección 3.2.6) tales como: lluvias de ideas, diagramas de Pareto, diagrama de Ishikawa, gráficos de tendencia, diseño de experimentos, análisis de varianza, etc., con el fin de verificar su grado de afectación a la calidad de la bitácora validada.

1. Análisis de Hipótesis 1: *Las bitácoras mal validadas dependen del tipo de día (laborable o no laborable), del día de la semana, del mes o del periodo estacional al que corresponda la bitácora.*

Como se cuenta con datos históricos de las bitácoras mal validadas, se realiza un análisis de varianza (ANOVA) para encontrar diferencias significativas. En primera instancia, se investiga si las estratificaciones detalladas en el apartado 5.2.4.a (por mes, por día de la semana, por tipo de día, por periodo estacional), influyen en la calidad de la bitácora de generación validada; para el efecto y usando el programa MINITAB, se emplea un análisis ANOVA con un solo factor. Los resultados son:

**ANOVA unidireccional: Porcentaje de Bitácoras con errores vs. Tipo de Día**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Tipo Día_3	1	0.0180	0.0180	0.22	0.648
Error	18	1.5040	0.0836		
Total	19	1.5220			

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada
Laborable	10	0.2600	0.2119	(-----+-----+-----+-----+)
No laborable	10	0.2000	0.3496	(-----+-----+-----+-----+)
				0.12 0.24 0.36 0.48

**ANOVA unidireccional: Porcentaje de Bitácoras con errores vs. Periodo estacional**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
PE	1	0.0179	0.0179	1.57	0.234
Error	12	0.1366	0.0114		
Total	13	0.1545			

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada
Lluvioso	7	0.2152	0.0999	(-----+-----+-----+-----+)
Seco	7	0.2866	0.1131	(-----+-----+-----+-----+)
				0.140 0.210 0.280 0.350

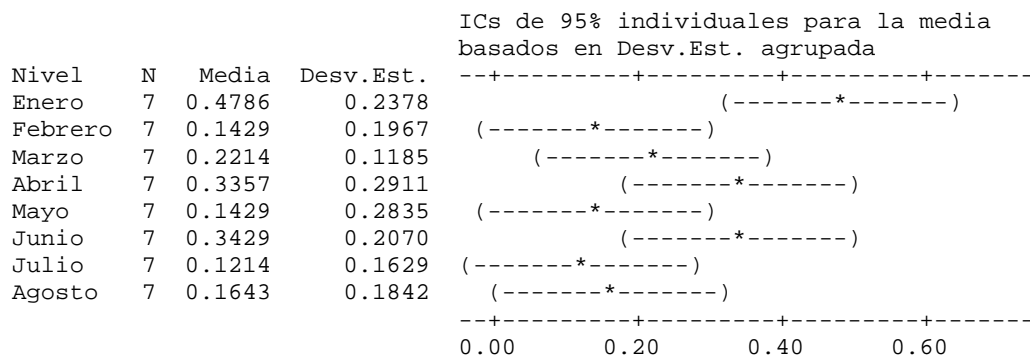
**ANOVA unidireccional: Porcentaje de Bitácoras con errores vs. Día semana**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Día semana	6	1.571	0.262	1.46	0.206
Error	63	11.300	0.179		
Total	69	12.871			

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada
Lunes	10	0.5000	0.5270	(-----+-----+-----+-----+)
Martes	10	0.4000	0.5164	(-----+-----+-----+-----+)
Miércoles	10	0.2000	0.4216	(-----+-----+-----+-----+)
Jueves	10	0.1000	0.3162	(-----+-----+-----+-----+)
Viernes	10	0.1000	0.3162	(-----+-----+-----+-----+)
Sábado	10	0.3000	0.4830	(-----+-----+-----+-----+)
Domingo	10	0.1000	0.3162	(-----+-----+-----+-----+)
				0.00 0.25 0.50 0.75

**ANOVA unidireccional: Porcentaje de Bitácoras con errores vs. Mes**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Mes_1	7	0.8089	0.1156	2.45	0.031
Error	48	2.2664	0.0472		
Total	55	3.0753			



Ya que en la mayoría de los casos, el valor de probabilidad P es mayor que  $\alpha=0.05$  se concluye que los factores tipo de día, periodo estacional y día de la semana (por sí solos) no son significativos o no influyen sobre el número de bitácoras mal validadas, pues no se presentan diferencias estadísticas; por tanto se acepta parcialmente la Hipótesis 1 solamente en lo relativo a la influencia del mes en el porcentaje de bitácoras con errores.

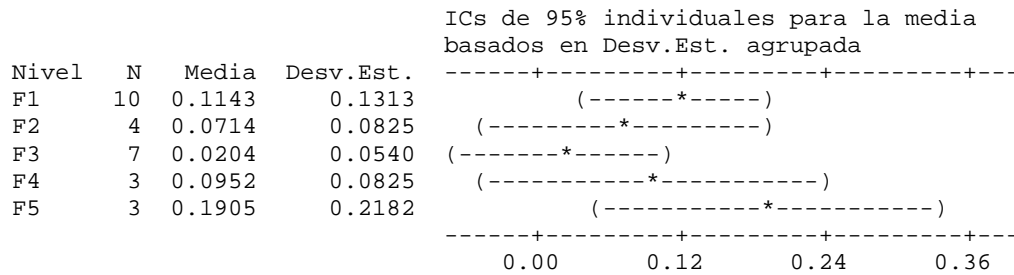
## 2. Análisis de Hipótesis 2: *El número de bitácoras mal validadas depende del funcionario que la valide.*

Primeramente se emplea un análisis ANOVA con un solo factor (funcionario) y posteriormente un diseño de experimentos que considera 1 solo factor y 1 bloque (el funcionario de turno y el día de la semana, respectivamente); se toma en cuenta solamente los días martes, miércoles, jueves, viernes y sábado, en vista de que se trabaja con datos históricos y de que no se disponen de tratamientos que relacionen los funcionarios con los días lunes y domingo.

Esta aproximación no afecta mucho pues los datos usados incluyen tanto días laborables, como no laborables. Los resultados se muestran a continuación:

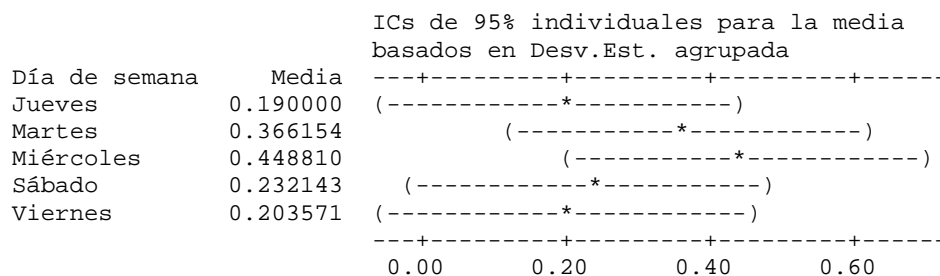
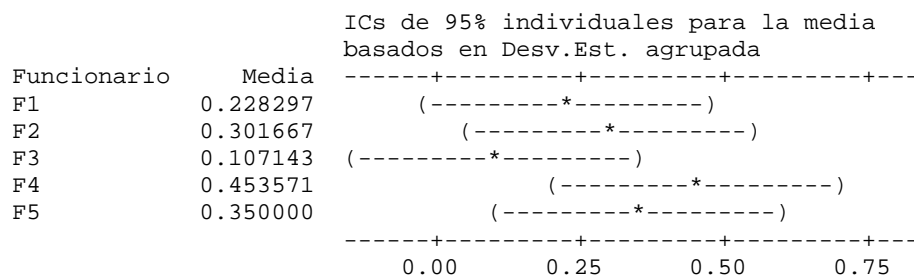
### ANOVA unidireccional: Porcentaje de Bitácoras con errores vs. Funcionarios

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Funcionarios	4	0.0715	0.0179	1.30	0.299
Error	22	0.3018	0.0137		
Total	26	0.3734			

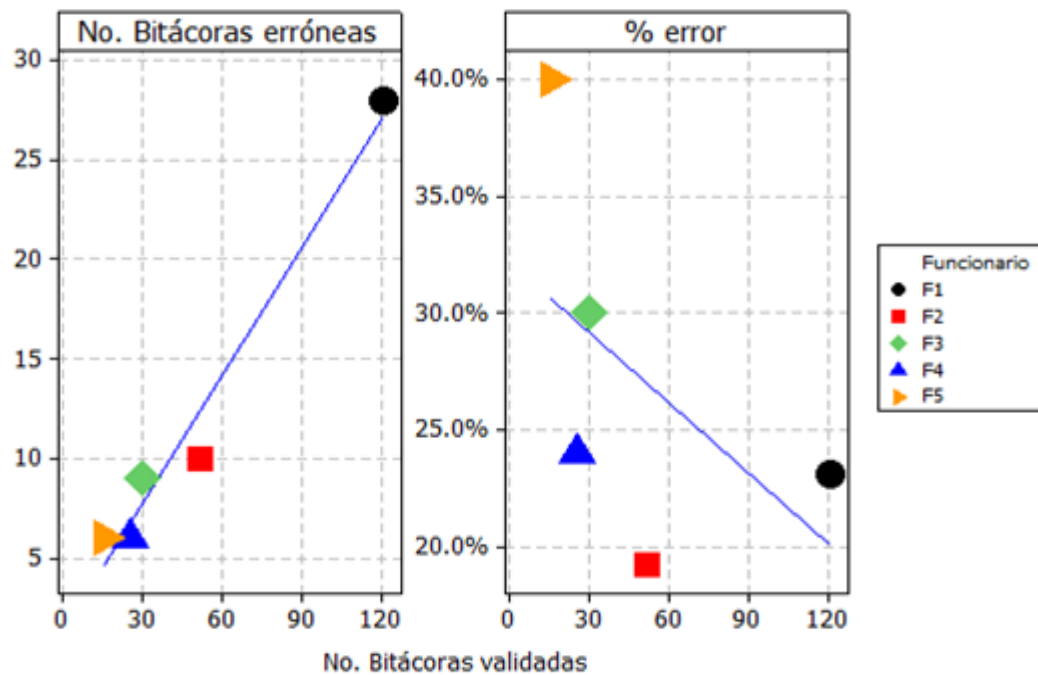


### ANOVA de dos factores: Porcentaje de Bitácoras con errores vs. Funcionario AADO, Día de semana

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Funcionario	4	0.33859	0.0846480	1.17	0.360
Día de semana	4	0.25910	0.0647748	0.90	0.489
Error	16	1.15547	0.0722170		
Total	24	1.75316			



En los dos casos el valor de probabilidad P es mayor que  $\alpha=0.05$  por lo que se concluye que el factor funcionario por sí solo y también cuando se analiza con el bloque (día de la semana), no es significativo o no influyen sobre el número de bitácoras mal validadas, pues no se presentan diferencias estadísticas, por tanto se rechaza la Hipótesis 2. Aunque con los datos disponibles y la herramienta estadística precedente se rechaza la Hipótesis 2, se realiza un análisis más profundo ya que por experiencia, se estima que si existe alguna relación entre el funcionario que valida la bitácora y la calidad de la misma; por tanto se determina la correlación entre los parámetros indicados detectándose lo siguiente (Figura 52):



**Figura 52: Correlación entre No. Bitácoras erróneas y Funcionario de turno**

Fuente: Elaboración propia

#### **Correlaciones: No. Bitácoras validadas, No. Bitácoras erróneas**

Correlación de Pearson de No. Bitácoras validadas y No. Bitácoras erróneas = 0.984  
 Valor P = 0.002

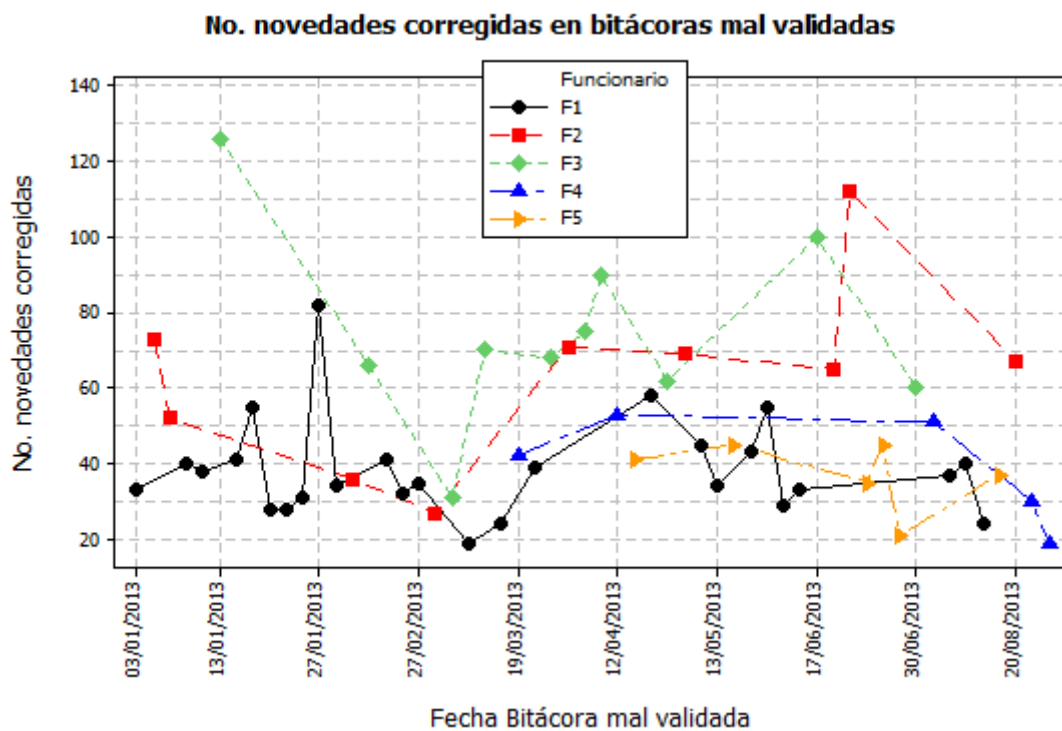
#### **Correlaciones: No. Bitácoras validadas, % error**

Correlación de Pearson de No. Bitácoras validadas y % error = -0.527  
 Valor P = 0.362

Para cada funcionario, se observa una correlación positiva entre el número de bitácoras mal validadas y el número total de bitácoras validas, tema que sugiere que mientras más se haga el proceso de validación, más errores se presentan en la bitácora de generación validada; sin embargo, al graficar los porcentajes respectivos, la correlación es negativa y se contradice lo indicado, pues el funcionario que menos ejecuta el proceso (en este caso el F5) es el que registra el mayor porcentaje de error, lo contrario ocurre con el funcionario que más veces realiza el proceso (en este caso el F1).

Aunque el valor alcanzado por el coeficiente de correlación en el último caso (%error vs. Número de Bitácoras validadas) denota que la relación entre las dos variables es moderadamente negativa (mientras el primero baja, el segundo crece), se puede aseverar que la experticia del funcionario de turno (reflejada en el número de veces que hace el proceso), es un factor influyente.

Partiendo de la correlación detectada, a continuación se realiza un gráfico de tendencia con el objetivo de identificar posibles patrones entre el número de novedades que se corrigen en las bitácoras mal validadas y el funcionario que la valida. Se observa en la Figura 53 un amplio rango de variación entre 19 y 126 novedades corregidas correspondientes a los funcionarios F3 y F1, respectivamente.

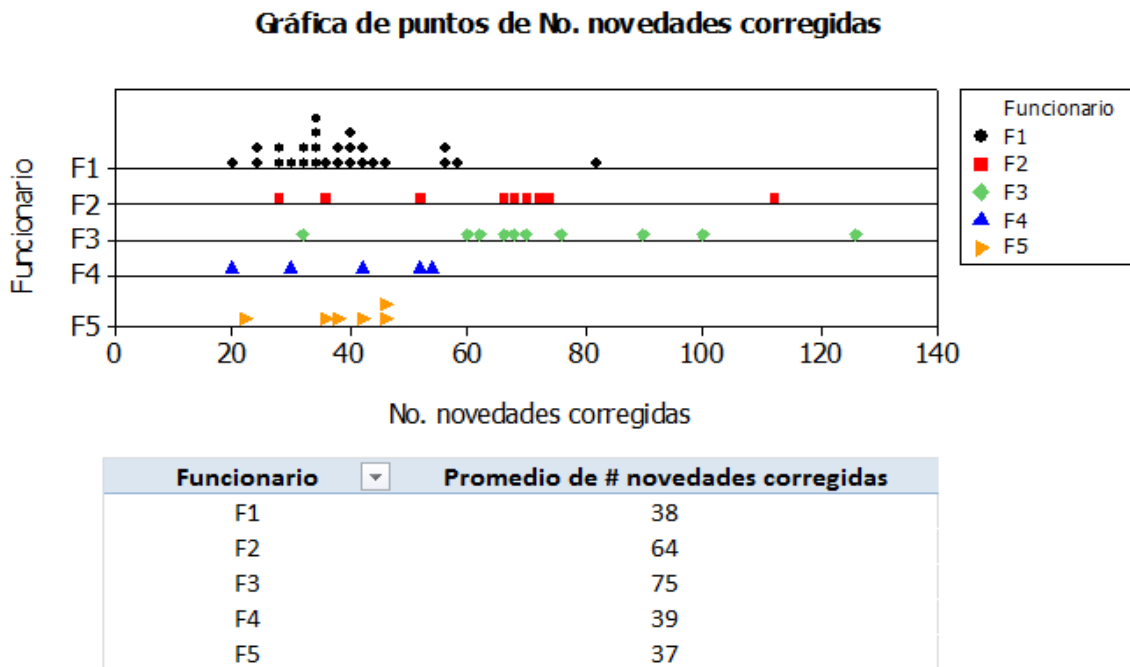


**Figura 53: Gráfico de tendencia - No. Novedades corregidas por Funcionario de turno**

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente y aunque los datos presentan diferentes dispersiones, en la Figura 54 se nota similitud entre el número promedio de novedades corregidas de los funcionarios F1 – F4 – F5 con un valor de 38 novedades; y, entre los funcionarios F2 – F3 con un promedio de

69 novedades. Esta diferencia en los promedios de casi el doble, sugiere que pueden existir metodologías distintas para validar las novedades de la bitácora de generación, tema en el que se profundiza más adelante.



**Figura 54: Gráfico de puntos - No. Novedades corregidas por Funcionario de turno**

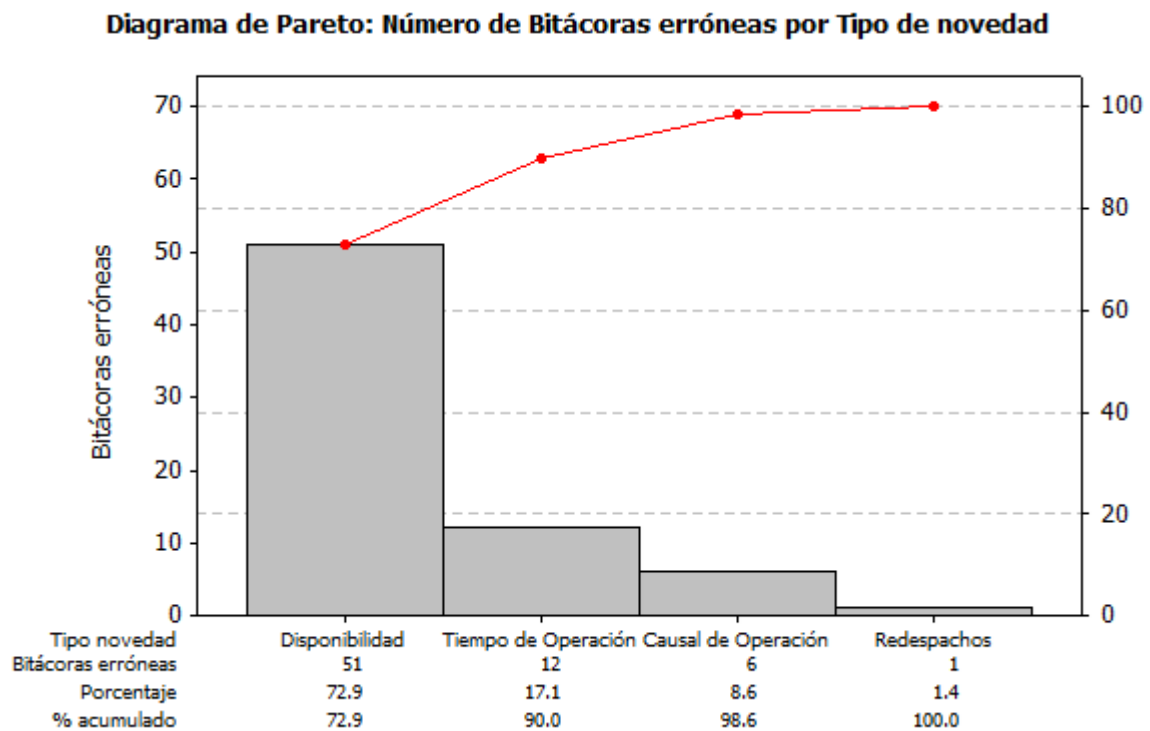
Fuente: Elaboración propia

En base a lo anterior y aunque no de manera concluyente (por los resultados del análisis ANOVA), se acepta la Hipótesis 2.

3. Análisis de Hipótesis 3: *El número de bitácoras mal validadas depende del tipo de novedad errónea.*

En este caso, se realiza un enfoque diferente y se emplea un diagrama de Pareto (que se muestra en la Figura 55) para realizar un análisis más profundo de las bitácoras validadas con errores considerando el tipo de novedad por el cual fueron catalogadas como mal validadas. Se observa que la predominancia radica en las novedades asociadas a la disponibilidad de generación y al tiempo de operación con una acumulación de bitácoras erróneas del 90%.

Si bien se analizaron 59 bitácoras erróneas, la Figura 55 muestra un total de 70, esto se debe a que ciertas bitácoras mal validadas, presentan más de una categoría de novedades erróneas.

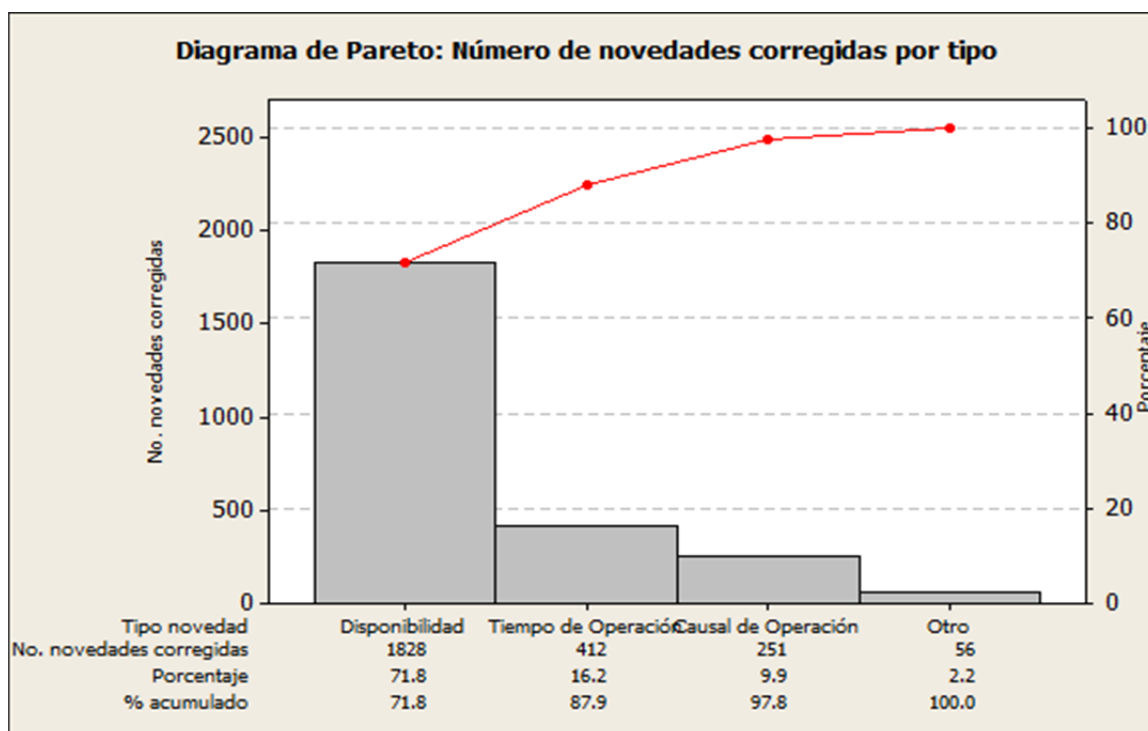


**Figura 55: Diagrama de Pareto: No. Bitácoras erróneas por tipo de novedad**

Fuente: Elaboración propia

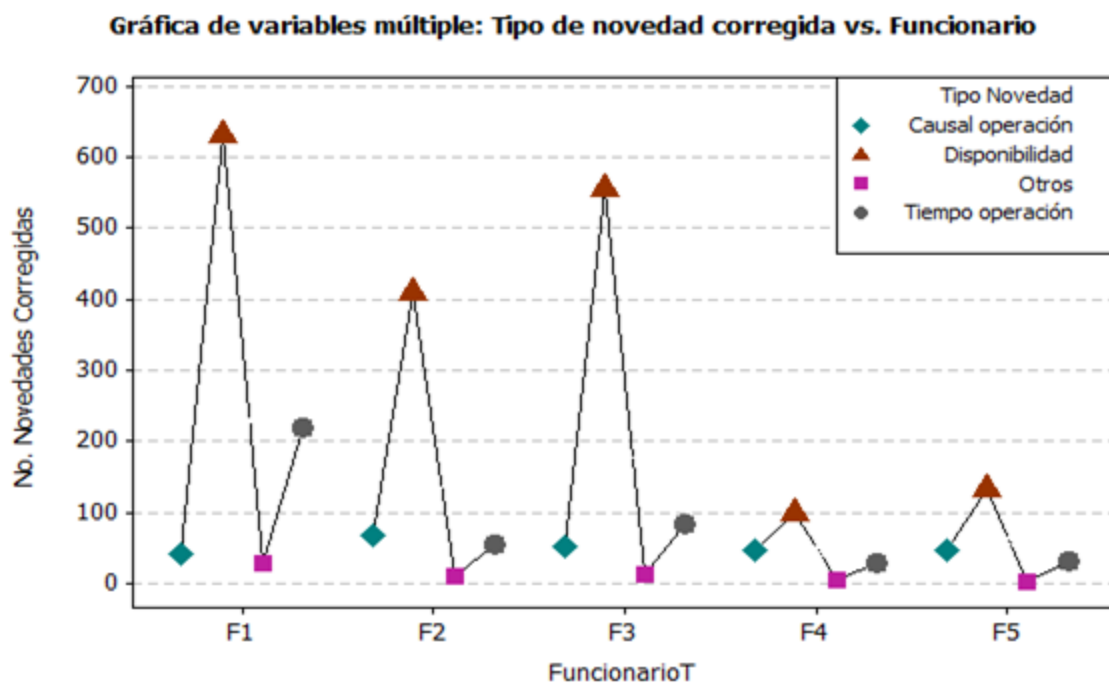
Se analiza también el número de novedades (catalogadas por tipo) que se corrigieron en las bitácoras erróneas encontrándose que la gran mayoría (71.8%) se concentra en las novedades de disponibilidad de generación; tema concomitante con el hecho de que en ese mismo tipo de novedades, se maximiza el número de bitácoras erróneas. Adicionalmente se estudia el mismo parámetro, pero tomando en cuenta el funcionario de turno que valida la bitácora de generación, encontrándose que efectivamente la mayor cantidad de novedades que corrige cada uno, son de disponibilidad de generación, razón por la cual se ratifica la aceptación de la Hipótesis 2 y se acepta también la Hipótesis 3. Lo expuesto se visualiza en las Figuras 56 y 57.





**Figura 56: Diagrama de Pareto: No. Novedades corregidas por tipo de novedad**

Fuente: Elaboración propia

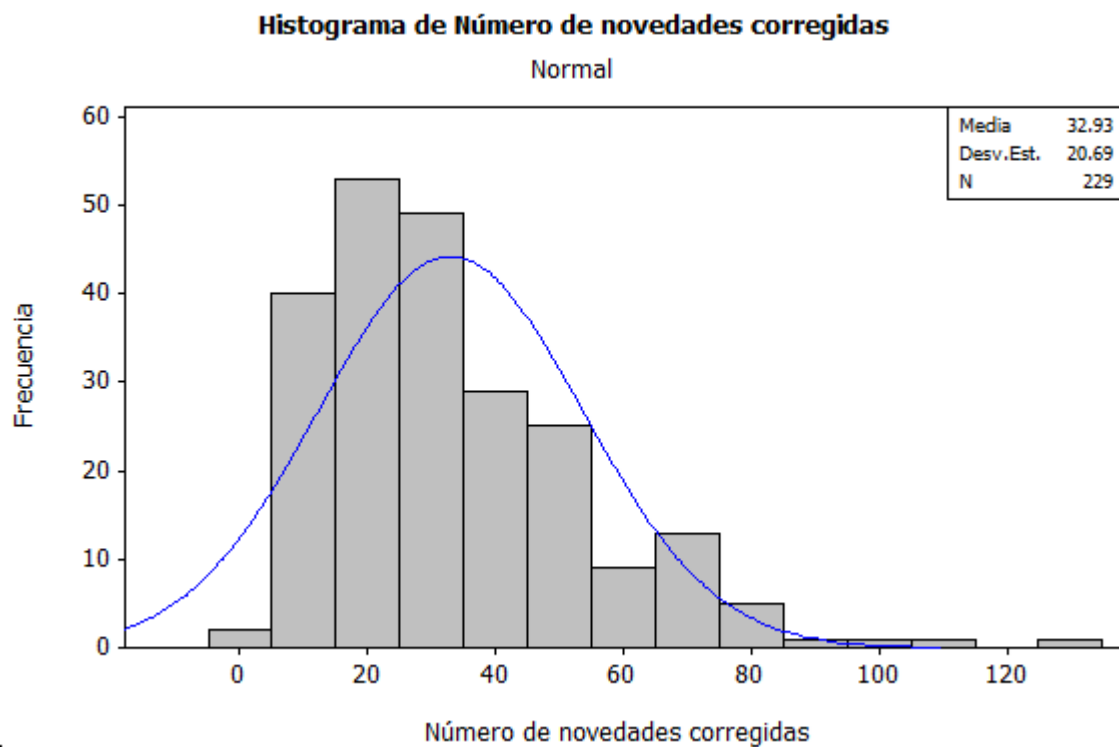


**Figura 57: Gráfica de variables múltiple: Tipo de novedad corregida vs. Funcionario**

Fuente: Elaboración propia

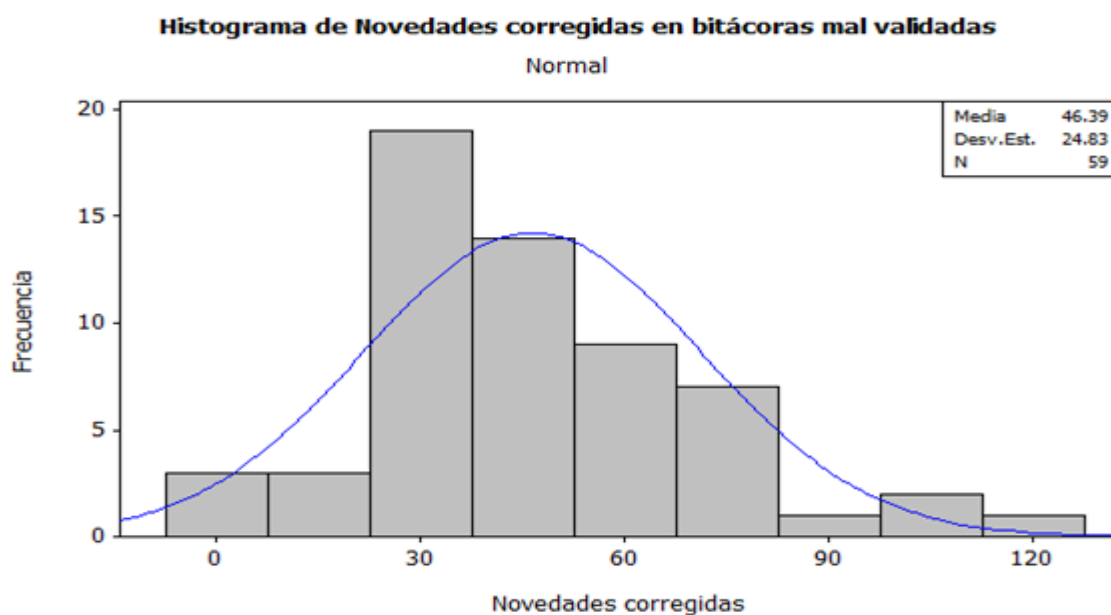
4. Análisis de Hipótesis 4: *Las bitácoras mal validadas dependen de la calidad de la bitácora original entregada por el ACDO y de las correcciones que deban realizarse.*

El valor del “rendimiento a la primera” (asociado al número de bitácoras de generación provenientes del ACDO que no necesitaron ser corregidas) que se calculó en la sección 5.2.6, alcanzó un valor de 0% reflejando que siempre hay que hacer un procesamiento en la bitácora original del ACDO antes de generar la bitácora validada. También en la sección 5.3.1 se determinó que aproximadamente el 16% de las novedades de la bitácora original deben ser corregidas, tema que incluye tres opciones: la modificación (que incluye la complementación) de una novedad existente, la eliminación de una novedad existente y la creación de una nueva novedad. Las Figuras 58 y 59 muestran histogramas que proporcionan una visión del centro de los datos (relacionado con el número de novedades corregidas), de su distribución y de su forma, considerando tanto las 243 bitácoras del periodo analizado, como las 59 bitácoras validadas que se entregaron con errores.



**Figura 58: Histograma de número de novedades corregidas en total de bitácoras validadas**

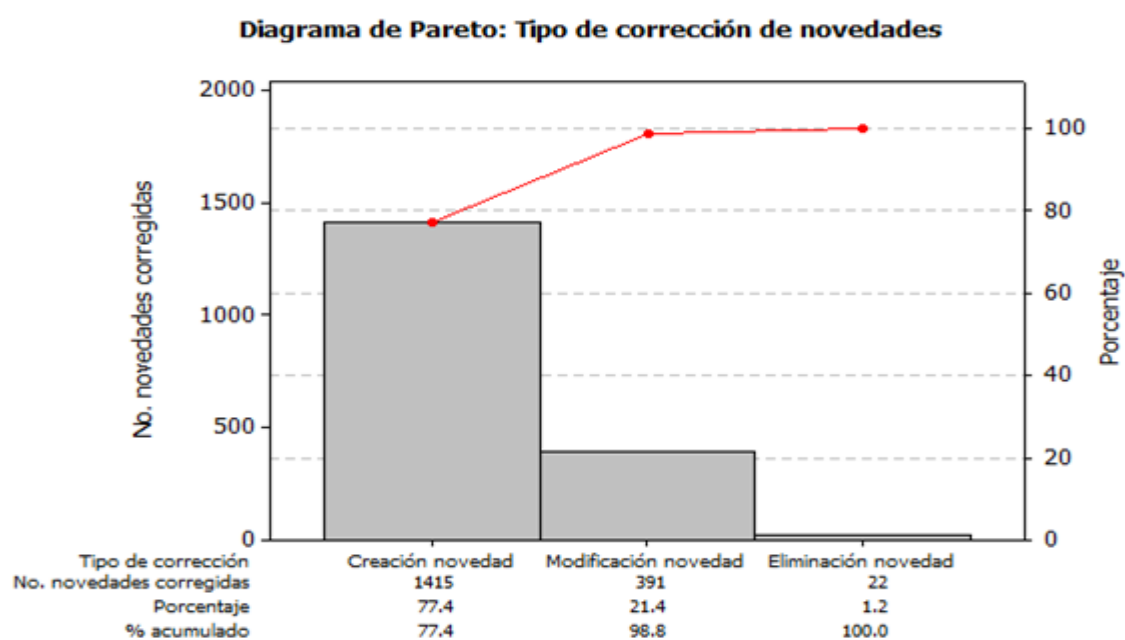
Fuente: Elaboración propia



**Figura 59: Histograma de número de novedades corregidas en total de bitácoras erróneas**

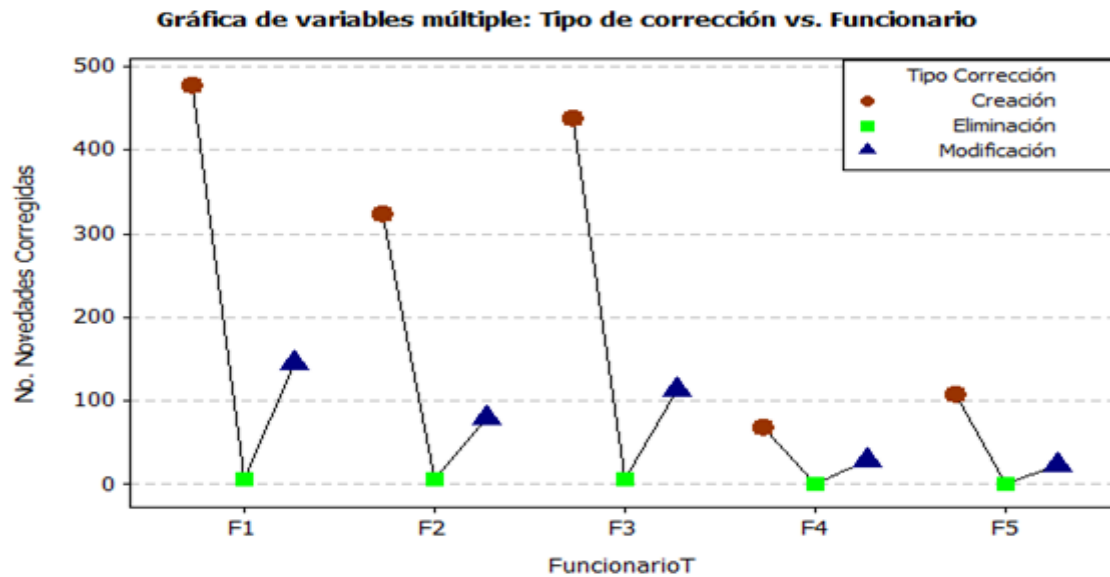
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 60 se grafica el número total de correcciones realizadas por tipo de corrección y en la Figura 61, el mismo desglose para cada funcionario, esto tomando en cuenta solo las bitácoras mal validadas y dentro de éstas, las novedades de disponibilidad de generación (que son las que más se corrigen de acuerdo a la Hipótesis 3).



**Figura 60: Diagrama de Pareto: Tipo de corrección de novedades**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 61: Gráfica de variables múltiple: Tipo de corrección vs. Funcionario**

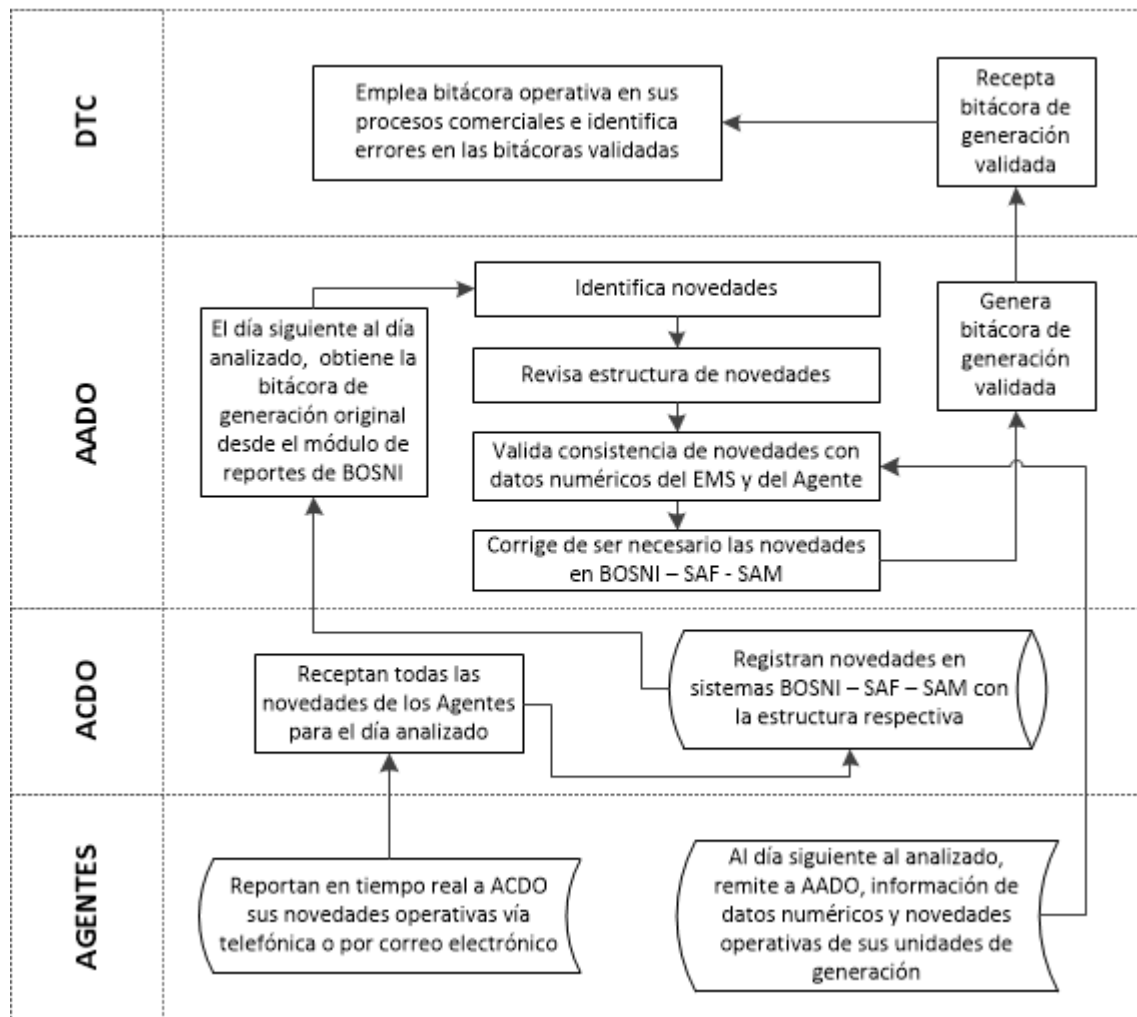
Fuente: Elaboración propia

Se observa que más del 75% de las correcciones realizadas tiene que ver con la creación de nuevas novedades, tema que se ratifica cuando se hace el desglose por funcionario. En relación a las novedades corregidas a través de la opción de modificación, del levantamiento de información realizado, se tiene que hay pocos cambios en la hora de la novedad y muchos en los valores de potencia con que se habilita la disponibilidad.

En conclusión, se acepta la Hipótesis 4, pues una baja calidad en la bitácora original, hace necesario realizar más correcciones en el proceso manual de validación y por ende se pueden pasar más errores al generar la bitácora validada.

#### **5.3.4 ANALIZAR, cuarto paso: Análisis del proceso - Exploración**

Para este punto, se parte de un mapa del proceso interfuncional (Figura 62) que engloba las actividades realizadas durante la validación de la bitácora de generación y que amplía el diagrama SIPOC elaborado en el apartado 5.1.3. Cabe recalcar que casi la totalidad de actividades se las ejecuta de manera manual, desde el ingreso de las novedades reportadas por los Agentes en los sistemas BOSNI – SAF – SAM, hasta la revisión, validación y corrección de cada novedad en los mismos sistemas.



**Figura 62: Mapa de Proceso Interfuncional**

Fuente: Elaboración propia

Las actividades desarrolladas por AADO, hacen uso no solamente de los sistemas tecnológicos, sino también de los módulos de reportería respectivos, mismos que al momento se manejan en entorno de Excel (versión 2003) y que presentan algunas limitaciones (por ejemplo el número de columnas) que hacen necesario que para la validación de las novedades, se generen varios archivos en lugar de uno solo, incrementando el tiempo de ejecución del proceso.

Ya que en la fase MEDICIÓN, no fue posible recolectar datos específicos del tiempo que conlleva cada actividad realizada en el AADO (porque no existían), se consultó a los funcionarios que ejecutan el proceso sobre inconvenientes presentados en el mismo,

encontrándose los siguientes temas: que la forma de ejecutar el proceso es muy manual; que la bitácora original entregada por ACDO es incompleta y que el mayor tiempo invertido es en la validación y corrección de las novedades, especialmente en las relacionadas con la disponibilidad de las unidades generadoras.

En cuanto a las mediciones del proceso, los requisitos planteados en el contrato cliente – proveedor con DTC (principal cliente interno), evidencian que el porcentaje asignado y requerimientos asociados al criterio de calidad, son más altos que los de oportunidad, es decir lo que el cliente desea es que la bitácora de generación validada contenga el menor número de novedades incorrectas. En la recolección de datos de la evolución de estos indicadores se observa que el indicador de calidad para el periodo enero – agosto 2013 se estabiliza en 1, pero no porque hayan dejado de generarse bitácoras validadas erróneas, sino más bien porque se dio más tolerancia a la meta con la que se evalúan los incumplimientos.

### **5.3.5 ANALIZAR, quinto paso: Análisis del proceso - Planteamiento de hipótesis**

Lo citado en el numeral anterior, permite plantear las siguientes hipótesis:

- Hipótesis 5: Las bitácoras mal validadas dependen de la forma manual de ejecutar el proceso y de la calidad de la bitácora original entregada por el ACDO, especialmente con la asociada al registro de las novedades de disponibilidad de generación.
- Hipótesis 6: Las bitácoras mal validadas se presentan porque el desempeño del proceso de validación no es evaluado de manera adecuada.

### **5.3.6 ANALIZAR, sexto paso: Análisis del proceso - Verificación de hipótesis**

- a) Análisis de Hipótesis 5: *Las bitácoras mal validadas dependen de la forma manual de ejecutar el proceso y de la calidad de la bitácora original entregada por el ACDO, especialmente con la asociada al registro de las novedades de disponibilidad de generación.*

El tema asociado a la calidad de la bitácora original ya fue cubierto en la Hipótesis 4, por lo que el análisis se centra solo en la forma manual de ejecutar el proceso, para esto en la Figura 42 (sección 4.4.3) se encuentra un diagrama de flujo detallado de los pasos ejecutados para validar la bitácora de generación, de éste se desprende que las actividades más relevantes son: la validación y la corrección de las novedades y conforme se explicó en capítulos anteriores, para la validación básicamente se emplean los datos numéricos del Reporte Operativo para aseverar si las novedades son o no consistentes; mientras que en el caso de las correcciones, éstas se realizan de forma manual en los sistemas respectivos, cuando se encuentran inconsistencias (novedades erróneas).

Por otra parte, se aceptó las hipótesis de que el número de bitácoras mal validadas depende del tipo de novedad errónea (disponibilidad, tiempo de operación y causal de operación) y de las correcciones realizadas (creación, modificación, eliminación), presentándose predominancia en la creación de novedades de disponibilidad de generación. Bajo este enfoque, en la Tabla 12 se realiza una breve narración de los pasos ejecutados durante la validación y corrección de las novedades de disponibilidad de generación.

Tabla 12:

**Actividades en el proceso de validación y corrección de novedades de disponibilidad**

ACTIVIDAD	NARRACIÓN
Identificación	En base a los tipos de eventos y sus causales respectivos establecidos en la Figura 41 de la sección 4.4.2, se identifica manualmente si la novedad es de disponibilidad de generación y se determina si es tipo ON o tipo OFF. Dichas novedades están vinculadas con situaciones que afectan la potencia que una unidad puede entregar al verse afectada por una restricción de potencia, una falla, un mantenimiento o falta de combustible. El listado de este tipo de novedades se muestra en el Anexo 5.
Revisión de estructura	Se verifica manualmente si la novedad tiene todos los componentes descritos en la Figura 40 (sección 4.4.2 – Estructura) o si fue ingresada a manera de comentario. Se identifica también si fue registrada a través de BOSNI, SAF o SAM.
Validación de consistencia	En base a los datos numéricos del Reporte Operativo, se coteja manualmente los parámetros “Hora del evento” y “Potencia en MW” revisando la variación del aporte de la unidad generadora a partir del instante en el que se registra la novedad de disponibilidad o indisponibilidad.

De ser necesario, se realiza de forma manual la corrección de la novedad de tres maneras, según corresponda:

- |            |   |
|------------|---|
| Corrección | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificación de la novedad existente: cuando la novedad ya se encuentra registrada pero presenta errores o parámetros faltantes en su estructura.</li> <li>• Creación de una nueva novedad: cuando los datos numéricos horarios del Reporte Operativo evidencian que la disponibilidad de una unidad generadora térmica baja sin que haya sido solicitada dicha variación por el CENACE (sino debido a fallas, mantenimientos o restricciones internas/externas) o cuando supera alguna restricción que disminuyó su disponibilidad.</li> <li>• Eliminación de la novedad existente: cuando no hay consistencia con el dato numérico horario del Reporte Operativo.</li> </ul> |
|------------|---|

En los dos primeros casos, el campo “Potencia en MW” se activa con el mínimo valor entre lo que declara el Agente y lo que se le verifica a la unidad en su operación en tiempo real.

---

**Fuente:** Elaboración propia

De las actividades descritas, la más demandante en tiempo es la relacionada con la creación de nuevas novedades pues se la realiza de manera manual e implica que se controle hora a hora los valores de potencia que entregan un promedio diario de 77 unidades de generación (con un máximo de 114 y un mínimo de 50, en el periodo analizado).

En el caso específico de las correcciones realizadas a través de creación de nuevas novedades, se maneja lo que se conoce como “Criterio 1 MW” el cual controla horariamente que si una unidad está operando con potencias inferiores a las solicitadas y esta disminución es mayor a 1 MW, entonces se crea una novedad de disponibilidad que penaliza dicha bajada. Por otro lado, si una unidad que estaba restringida a un valor inferior a su potencia disponible y supera dicha restricción, también se ingresa una nueva novedad de disponibilidad que refleje dicha subida. Este criterio al momento solo se maneja en el AADO, pues en el ACDO únicamente activan el valor de potencia efectiva que aparece por defecto en los sistemas, a pesar de que no necesariamente las unidades entreguen dicho valor sino potencias inferiores una vez que declaran su disponibilidad luego de fallas, mantenimientos o restricciones internas.

Cabe mencionar también que el “Criterio 1 MW” empleado por AADO, no permite cumplir completamente con lo requerido en la normativa vigente para la determinación de la



disponibilidad horaria de generación, pues las unidades varían de hora en hora su producción y es prácticamente imposible crear una nueva novedad para todas las variaciones, por lo que el proceso actual, considera periodos de varias horas con potencias similares, para activar una nueva novedad con la potencia promedio de dicho periodo.

También cuando se analizó la Hipótesis 2, se encontraron patrones que hacían sospechar de la existencia de metodologías distintas para validar las novedades de la bitácora de generación, tema que se ratifica pues de la consulta realizada a todos los funcionarios del AADO que ejecutan el proceso, se determinó que no todos aplican en su totalidad el “Criterio 1 MW”, pues al involucrar tanto procesamiento manual, se vuelve una tarea tediosa.

Con base en lo anterior, se acepta la Hipótesis 5 pues al demandar la ejecución del proceso tanto procesamiento manual, no solo que afecta el tiempo en el que se realiza la validación de las novedades de generación, sino que no se lo ejecuta de manera uniforme y con los mismos criterios por parte de todos los involucrados, tema que redundará en la falta de calidad en la bitácora validada.

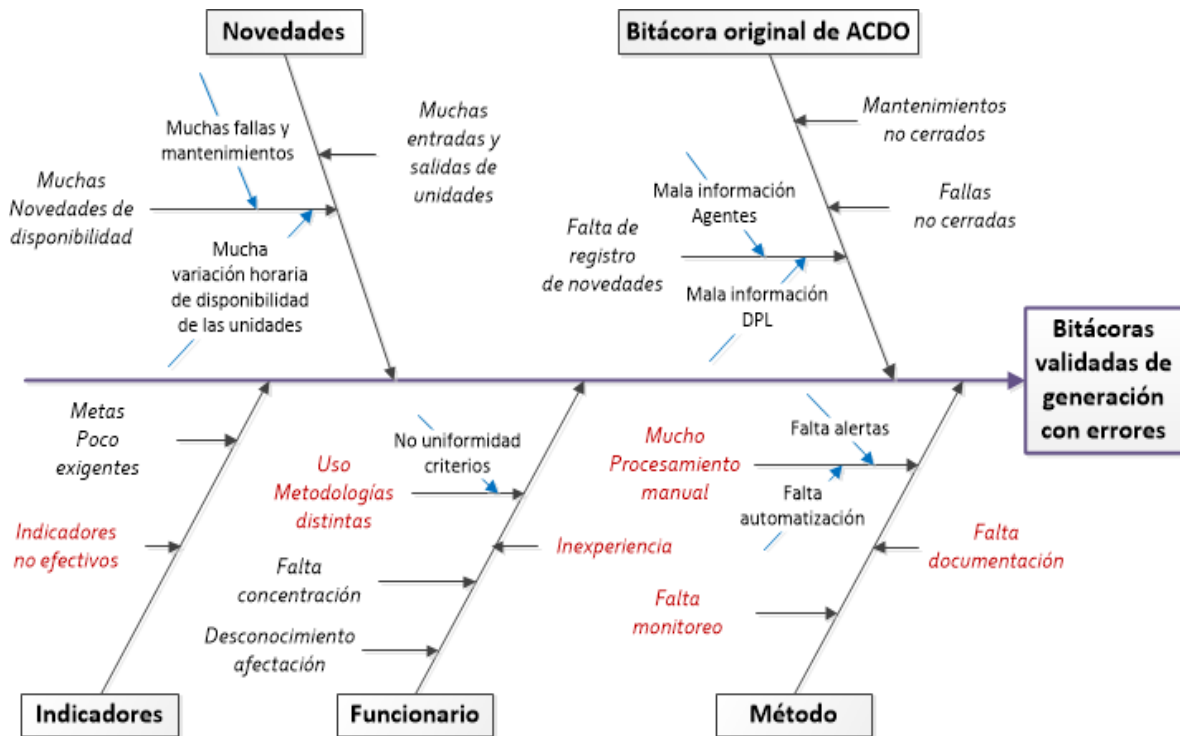
b) Análisis de Hipótesis 6: *Las bitácoras mal validadas se presentan porque el desempeño del proceso de validación no es evaluado de manera adecuada.*

Esta hipótesis se acepta sin mayor análisis, pues como se observó en la sección 4.4.4, el indicador de calidad registra en el 2013, un valor de 1 solamente porque se redefinió el criterio de incumplimiento dando más holgura a los errores, sin embargo, no es efectivo para garantizar que se minimice todo lo posible, el número de bitácoras validadas erróneas.

### **5.3.7 ANALIZAR, séptimo paso: Determinación de causas raíz**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la etapa de verificación, con excepción de la Hipótesis 1, se aceptan las restantes que sostienen que el número de bitácoras mal validadas está influenciado por el funcionario que ejecuta el proceso de validación; por el tipo de novedad errónea; por la calidad de la bitácora original; por la forma manual de ejecutar el

proceso y por la falta de indicadores efectivos. Bajo este concepto, a través del diagrama de Ishikawa (Figura 63), se identifican las causas generales y las causas específicas que contribuyen al problema.



**Figura 63: Diagrama de Ishikawa**

Fuente: Elaboración propia

Las causas resaltadas en rojo, son en las que se centrará la siguiente etapa MEJORAR del ciclo DMAMC por considerarse como las variables vitales responsables de la variación del proceso. Las causas “Novedades” y “Bitácora original de ACDO” (con sus respectivas subcausas) no se consideran pues en el primer caso, es un parámetro aleatorio que no se puede controlar ya que depende de las condiciones operativas de las unidades del día analizado; y, en el segundo, es un proceso realizado en otra Área. No obstante, la afectación de estas causas puede disminuirse al controlar o mejorar las causas relevantes identificadas (por ejemplo la manera de realizar el proceso, los criterios empleados, etc.).

Hasta el momento, se ha definido el problema, se han realizado las mediciones pertinentes y se ha realizado el análisis de los datos y del proceso para identificar las causas potenciales del problema. A continuación se proponen soluciones dirigidas a eliminar dichas causas raíz, a fin de disminuir la variabilidad del proceso y conseguir el objetivo de mejora.

## 5.4 FASE MEJORAR

### 5.4.1 MEJORAR, primer paso: Planteamiento de posibles soluciones

La Tabla 13 resume las soluciones propuestas para atacar las causas raíz identificadas en la sección 5.3.7.

Tabla 13:

#### Soluciones propuestas

CAUSA RAÍZ	DESCRIPCIÓN	SOLUCIONES PROPUESTAS
Mucho procesamiento manual	Todas las actividades en el proceso de validación son ejecutadas de forma manual, desde la verificación de la consistencia de la novedad con el dato numérico, hasta la corrección en los sistemas BOSNI-SAF-SAM	A. Automatizar el proceso de verificación de disponibilidad de generación de las unidades B. Incrementar alertas de validación C. Crear un sistema para procesar la información de Agentes D. Automatizar la manera de detectar los cambios realizados en la bitácora original
Falta de monitoreo	No siempre se coteja la novedad con el valor numérico	E. Automatizar la forma de validación
Falta de documentación	No están documentados los criterios de evaluación	F. Elaborar nuevos procedimientos
Inexperiencia del funcionario	El proceso no es ejecutado de manera equitativa por todos los funcionarios del AADO	G. Proponer un calendario de turnos
Uso de metodologías distintas	No todos los funcionarios ejecutan el proceso de la misma manera, incluso hay criterios diferentes de evaluación de disponibilidad de generación	H. Estandarizar el proceso I. Rediseñar el proceso J. Capacitar a los funcionarios
Indicadores no efectivos	Los indicadores actuales reflejan metas convenientes solo para mantener el indicador en 1, mas no para mejorar el desempeño del proceso	K. Plantear nuevos indicadores con DTC L. Plantear nuevos indicadores con ACDO M. Revisar el acta AADO-ACDO actual

**Fuente:** Elaboración propia

Varias de las soluciones posibles planteadas pueden eliminar a la vez algunas causas raíz, por lo que a continuación se describe de manera general las más relevantes:

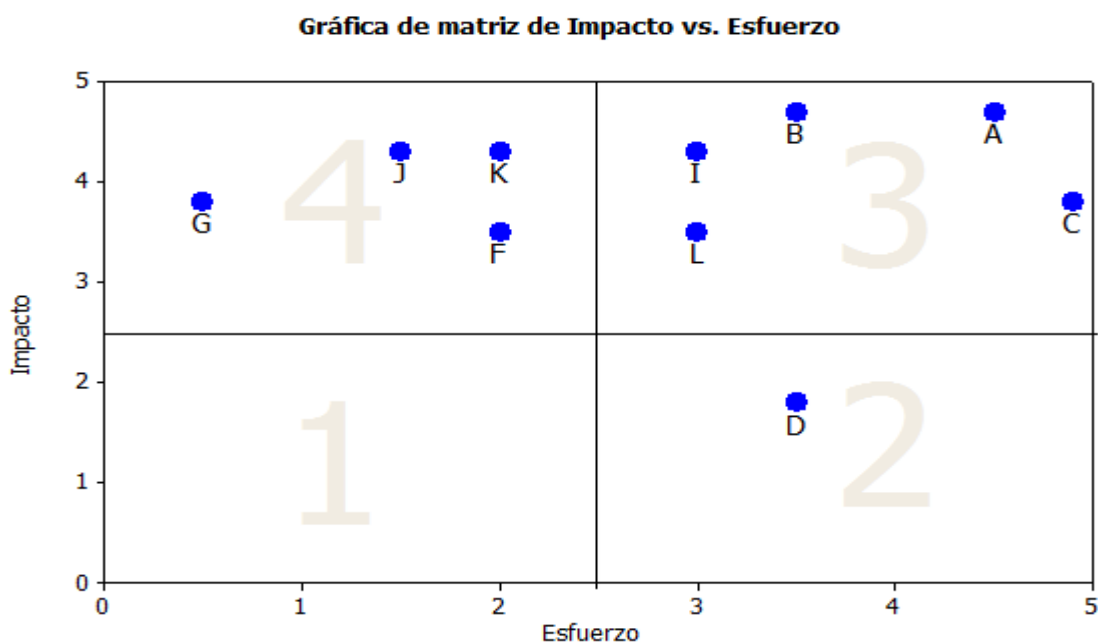
- A. *Automatizar el proceso de verificación de disponibilidad de generación*: consiste en diseñar un sistema tecnológico que a través de algoritmos apropiados, permita determinar automáticamente el valor horario de disponibilidad de las unidades generadoras en función de los valores reales que registran en tiempo real y de sus causales de operación. Dicho sistema minimizará la cantidad de nuevas novedades que deben crearse durante el proceso de validación de la bitácora original, para reflejar las variaciones de disponibilidad de las unidades generadoras y cumplir la normativa. Adicionalmente permitirá uniformizar la metodología (incluida la forma de monitoreo de los valores numéricos) y el criterio de evaluación de disponibilidad para evitar que éste quede a discreción del funcionario que realiza el proceso.
- B. *Incrementar alertas de validación*: para que a través de sistemas tecnológicos o ayudas computacionales, se puedan detectar automáticamente inconsistencias entre las novedades de entrada/salida de operación y los datos numéricos de las unidades generadoras; e identificar los causales de operación que difieren de los programados.
- C. *Crear un sistema para procesar la información de los Agentes*: para que automáticamente sean subidos a bases de datos específicas, tanto los datos numéricos horarios, como las novedades operativas de las unidades de generación y por ende, disminuir el tiempo que actualmente se emplea en descargar la información de los Agentes y respaldarla en determinadas ubicaciones, con formatos y nombres específicos.

- D. *Automatizar la manera de detectar los cambios en la bitácora original:* para poder determinar el número y tipo de correcciones realizadas en la bitácora entregada por ACDO y con esto poder contar con un levantamiento estadístico de información que permita plantear indicadores adecuados para el desempeño del proceso.
- F. *Elaborar nuevos procedimientos:* para documentar de manera sencilla y explicativa, los pasos y criterios que deben ser considerados en el proceso de validación y también para reflejar los cambios introducidos para reducir el procesamiento manual.
- G. *Proponer un calendario de turnos equitativo:* que programe de manera equilibrada, la ejecución del proceso de validación y de esta manera equiparar el nivel de experticia de todos los funcionarios.
- I. *Rediseñar el proceso:* para automatizar las actividades ejecutadas en el proceso de validación.
- J. *Capacitar a los funcionarios:* pues en función de los cambios que se den en el proceso para automatizarlo, se requiere una nueva capacitación.
- K. *Plantear nuevos indicadores:* que garanticen que se encere o al menos se minimice el número de bitácoras validadas con errores, pero porque se atacaron sus causas raíz y no solamente por la conveniencia de que el valor del indicador se mantenga en 1.
- L. *Revisar el acta AADO-ACDO:* para identificar si existen índices asociados a la calidad de la bitácora original (relacionada con las novedades de disponibilidad de generación) o para plantear nuevos indicadores que aseguren el cierre de las fallas y mantenimientos (registrados en los sistemas SAF y SAM, respectivamente) cuando éstos hayan finalizado en el día operado.

#### **5.4.2 MEJORAR, segundo paso: Selección de soluciones**

Para evaluar las soluciones propuestas se emplea una matriz impacto/esfuerzo (Figura 64); con los siguientes criterios:

- **Impacto:** ¿el beneficio será inmediato?, ¿facilitará el trabajo de forma apreciable?, ¿ataca las causas raíz?
- **Esfuerzo:** ¿qué tan fácil se puede implementar?, ¿cuánta formación se necesita?, ¿se dispone de los recursos necesarios?, ¿a cuánta gente involucra?, ¿existe la tecnología necesaria?



**Figura 64: Matriz Impacto vs. Esfuerzo**

Fuente: Elaboración propia

- La mayoría de soluciones planteadas se ubican en el tercer cuadrante (alto impacto y alto esfuerzo).
- Solamente la solución D implica un considerable esfuerzo y un bajo impacto, pues si bien el tener un levantamiento estadístico puede convertirse en una base para el planteamiento de las metas de los nuevos indicadores, al momento si puede hacerse aunque sea de manera manual. El tratar de automatizar dicho conteo conlleva recursos económicos que pueden orientarse a soluciones con mayor impacto.

- Las soluciones A y C son las que demandan el mayor esfuerzo pues involucran considerables recursos (personal, tiempo y dinero) para ser implementadas; incluso para la solución C se requiere trabajar conjuntamente con todos los Agentes y al momento, éstos no cuentan ni con recursos económicos ni tecnológicos para viabilizarla.
- Las soluciones A y B son las que más impactan en la eliminación de las causas raíz.
- La solución G que es la de menor esfuerzo, no es tan viable pues el calendario de turnos se establece en función de las actividades y ejecución de otros procesos por lo que resulta complicado equiparar el número de veces que los funcionarios realizan el proceso de validación de la bitácora de generación.

Con base en el análisis precedente, se descartan las propuestas C, D y G y se aceptan las restantes.

#### **5.4.3 MEJORAR, tercer paso: Implementación de soluciones**

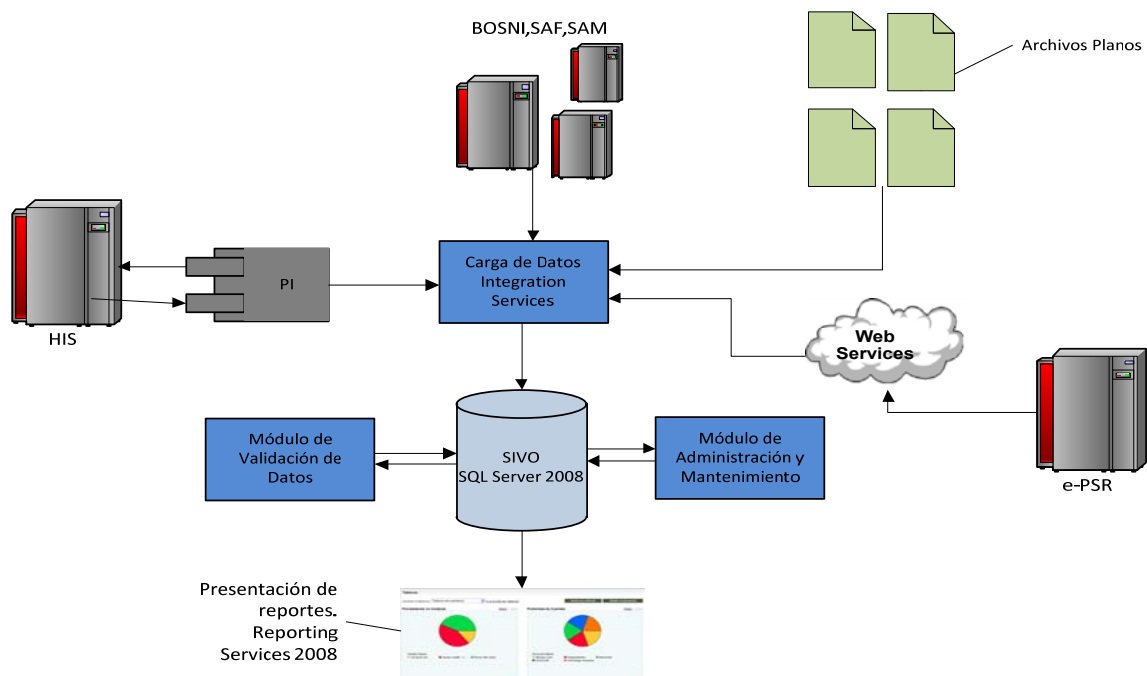
Las soluciones F, J, K y L (relacionadas con documentación, capacitación y medición) son prácticas y viables de ejecutar, pero están más relacionadas con la fase CONTROLAR, como se explica más adelante; por lo tanto la implementación se enfoca solamente en las soluciones A, B e I que aunque son las más complejas, también son las que más beneficios aportan.

##### **1. Implementación de Soluciones I y B: *Rediseñar el proceso e incrementar alertas de validación***

Hasta Agosto del 2013, en el proceso de validación de información, se extraían las novedades operativas ingresadas en los sistemas BOSNI-SAM-SAF y se verificaba manualmente su consistencia con los datos horarios numéricos de potencia de los diferentes elementos extraídos desde el sistema EMS (conocido también como HIS).

Las correcciones (eliminaciones, modificaciones o complementaciones) que se realizaban en las bitácoras operativas, se hacían directamente en BOSNI-SAM-SAF de manera que todas las novedades validadas y correctas quedaban a nivel de base de datos; esto no ocurría con los datos numéricos, pues éstos se extraían a través de macros desarrollados en Visual Basic, en archivos de Excel y ahí se hacían las correcciones, conllevando a que la información residente en la base de datos histórica del HIS, conserve datos erróneos y no refleje toda la información numérica validada.

Para solventar esta situación, en el año 2011, la Dirección de Operaciones emprendió en un proyecto que permitiera por un lado automatizar el proceso y optimizar el tiempo de validación y, por otro, disponer de una base de datos que contenga completa la información numérica validada, desarrollándose el proyecto SIVO (Sistema de Información Validada Operativa), el cual fue puesto en producción en septiembre del 2013 y que obedece al diagrama funcional que se muestra en la Figura 65.



**Figura 65: Diagrama Funcional Programa SIVO**

Fuente: CENACE, Documento de especificación de requerimientos SIVO, 2011



En dicho diagrama funcional se puede apreciar que SIVO interactúa con los sistemas BOSNI/SAF/SAM/HIS/e-PSR<sup>8</sup>, con información interna de otras áreas del CENACE (DPL y ACDO) y con información externa remitida por los Agentes.

La obtención de los datos de los diferentes sistemas tecnológicos es directa, sin embargo, en el caso de la información proporcionada en archivos planos por DPL, ACDO y los Agentes, ésta debe ser subida a SIVO a través de archivos con formatos y codificaciones específicas. Con estos insumos y en base a algoritmos de validación definidos, SIVO valida la información numérica y la almacena en una base de datos definida a la que puede accederse para obtener los reportes respectivos.

La generación de los archivos con la información de Agentes, al momento se la realiza vía macros desarrollados en Visual Basic y es en esta instancia en la que se incrementó una rutina que permite desplegar automáticamente banderas de alerta (con códigos de colores) cuando el dato numérico no es consistente con la novedad. Con esta funcionalidad se solventan los errores relacionados con novedades incompletas, incorrectas o faltantes de ingreso o salida de operación de las unidades generadoras conocidas también como novedades de tiempo de operación.

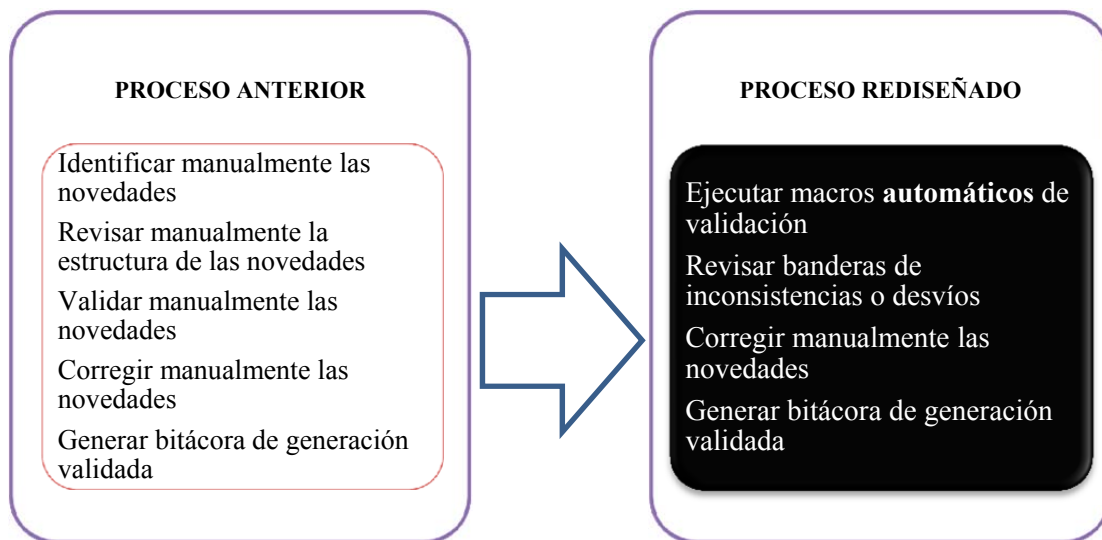
Adicionalmente en el sistema SIVO se incorporó un algoritmo que identifica los causales de operación erróneos y de manera automática modifica dichos causales o crea nuevas novedades con los causales adecuados; sin embargo, éste presenta ciertos problemas, por lo que ha sido deshabilitado y será corregido posteriormente con el algoritmo rediseñando “COMPARADOR SIMPLE” producto del presente trabajo que consta en el Anexo 6. Hasta tanto se implementó una ayuda computacional diseñada en Reporting Services que detecta de manera automática en qué unidad y en qué periodos se presentan desvíos horarios entre la

---

<sup>8</sup> e-PSR: Sistema tecnológico empleado por SIVO para extraer los costos variables de operación de las unidades generadoras.

operación real y programada, para su consecuente corrección. Con lo indicado se solventan los errores de las novedades de causal de operación.

Cabe mencionar que aunque con el ingreso de SIVO se automatiza la manera en la que los datos numéricos de potencias activas y reactivas son recolectados, validados, consultados y reportados, en lo que tiene que ver con la corrección de las novedades, sigue haciéndose de manera manual en los sistemas respectivos; sin embargo, ya no se presentan problemas de inconsistencias ni en las novedades de tiempo de operación, ni en las novedades de causal de operación. Con los cambios introducidos se rediseñan las actividades ejecutadas en el proceso como lo indica la Figura 66.



**Figura 66: Proceso rediseñado de validación de la bitácora de generación**

Fuente: Elaboración propia

## 2. Implementación de Solución A: *Automatizar el proceso de verificación de disponibilidad de generación.*

Para implementar esta solución se emplea información del sistema BOSNI en donde se depositan las novedades de tiempo de operación (entradas y salidas de las unidades), de disponibilidad y de causal de operación; y, del sistema SIVO que contiene los datos numéricos de la producción horaria de las unidades generadoras.

Aprovechando la coyuntura de migración de los módulos de reportes de los dos sistemas (de Excel a Reporting Services), como parte de esta tesis se diseñó el algoritmo “INDISPON ACTUAL” que en base a la información de BOSNI y SIVO, permite obtener de manera automática, la potencia disponible de cada unidad y a la vez cumplir con lo establecido en la normativa vigente que señala que la potencia disponible horaria de una unidad es el mínimo valor entre lo declarado por el Agente y lo verificado en tiempo real.

El algoritmo mencionado se muestra en el Anexo 7 y al momento se encuentra parcialmente operativo. La fase en la que se identifica el periodo y el valor con el que debe activarse la disponibilidad de las unidades generadoras ya está en producción; sin embargo, aún está en desarrollo la fase en la automáticamente se crean en BOSNI dichas novedades. Hasta que ésta finalice, las novedades siguen registrándose de manera manual.

Con esta nueva funcionalidad se unifica el criterio de evaluación de disponibilidad para que no dependa del funcionario que realiza el proceso, se disminuye el número de novedades que deben crearse para reflejar la disponibilidad real de las unidades y consecuentemente se disminuye el tiempo de ejecución del proceso de validación. Este último disminuirá aún más cuando se implementen y complementen los algoritmos diseñados (COMPARADOR SIMPLE e INDISPON ACTUAL). La fecha prevista es para septiembre del 2014.

#### **5.4.4 MEJORAR, cuarto paso: Análisis del impacto de las soluciones implementadas**

Con la premisa de que hasta la fecha, solo se implementaron completamente las soluciones I y B (para eliminar las bitácoras de generación mal validadas con errores en las novedades de tiempo y causal de operación) y de que la solución A (para eliminar las bitácoras de generación mal validadas con errores en las novedades de disponibilidad) está operativa parcialmente a partir de agosto del 2014, se establece una comparación entre los periodos pre y post mejora, apreciándose los resultados que constan en la Tabla 14:

Tabla 14:

**Comparación de resultados pre y post mejora**

	<b>PRE – MEJORA</b>	<b>POST – MEJORA</b>
Periodo	Enero – Agosto 2013	Septiembre 2013 – Junio 2014
Número de bitácoras analizadas	243 (en 8 meses)	303 (en 10 meses)
Número de bitácoras mal validadas	59	34
Número promedio mensual de bitácoras mal validadas	8	4
Número de bitácoras erróneas por novedades de disponibilidad de generación	51	34
Número de bitácoras erróneas por novedades de tiempo de operación	12	0
Número de bitácoras erróneas por novedades de causal de operación	6	0
Número de bitácoras erróneas por novedades de redespachos	1	0
Nivel sigma considerando DPMO	Cercano a 3	Cercano a 3.4
Rendimiento considerando DPMO	93.3%	96.96%
Rendimiento final	75.7%	88.8%
Nivel sigma final	2.125	2.75
Rendimiento a la primera	0%	0%
Rendimiento primer componente: validación de novedades de redespachos	99.6%	100%
Rendimiento segundo componente: validación de novedades de tiempo de operación	95.1%	100%
Rendimiento tercer componente: validación de novedades de causal de operación	97.5%	100%
Rendimiento cuarto componente: validación de novedades de disponibilidad de generación	79%	88.8%
Costos de la mala calidad: mano de obra	26.7 dólares al día	10.5 dólares al día
Número de funcionarios que ejecutan proceso de validación de información operativa	2	1

**Fuente:** Elaboración propia

Resumiendo los resultados alcanzados se tiene que:

- Se eliminaron completamente las bitácoras mal validadas cuyos errores se asociaban al tiempo de operación y al causal de operación.
- El número total de bitácoras mal validadas se redujo en el 43% y en el periodo después de la mejora, todas los errores fueron solo de novedades de disponibilidad de generación.
- El número promedio de bitácoras mal validadas en los periodos analizados bajó al 50% (de 8 a 4)
- Los costos de la mala calidad bajaron en casi el 61%.
- Se redujo el tiempo de ejecución del proceso de 4 horas a 2.5 horas.
- En días laborables, solamente 1 funcionario se encarga del proceso de validación de información operativa.
- El rendimiento a la primera asociado a las bitácoras originales entregadas por ACDO se mantiene en 0% pues siempre deben ser corregidas.
- Considerando los 4 componentes del proceso de validación de la bitácora de generación, se observa que se mejoraron al 100% los tres primeros componentes y si bien el rendimiento del cuarto componente sigue siendo el menor de todos, con la mejora introducida subió del 79% al 88.8%.
- Aunque aún no se logra cumplir los requisitos del cliente fijados en un máximo de 3 bitácoras mal validadas al mes, se bajó el número promedio mensual de 8 a 4 (muy cerca del valor deseado).

## **5.5 FASE CONTROLAR**

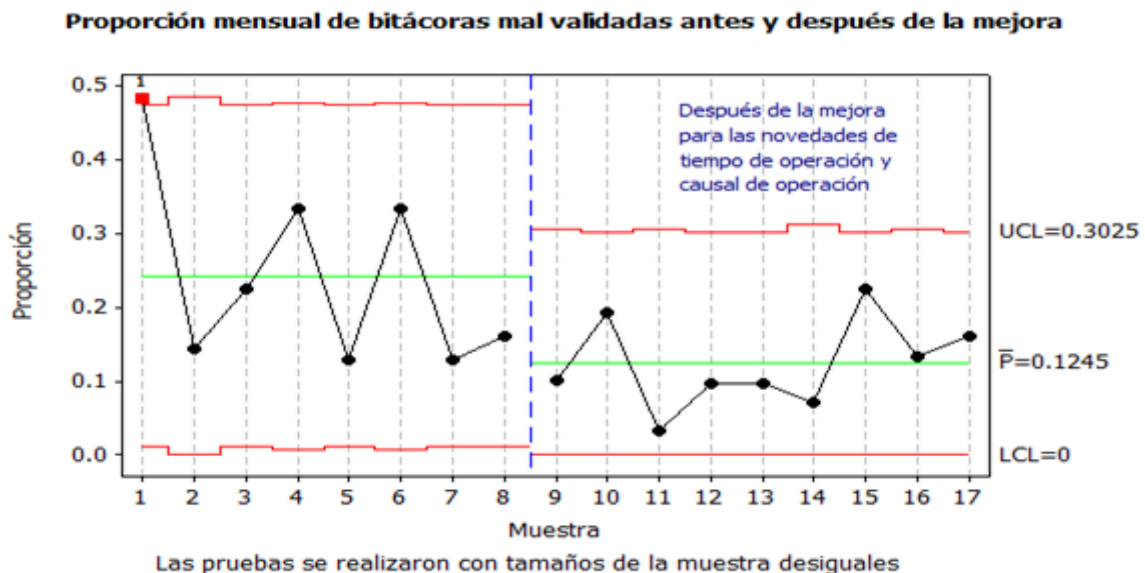
Una vez que se han implementado las soluciones y se han documentado los resultados, en esta fase se monitoriza el proceso para medir su rendimiento a fin de ajustarlo y mantenerlo estable, predecible y tratando de cumplir los requisitos del cliente.

### 5.5.1 CONTROLAR, primer paso: Documentación de la mejora

Para garantizar que el proceso mejorado mantenga sus beneficios en el tiempo, se procede a documentarlo con detalle (solución F de etapa MEJORAR) a través de un nuevo procedimiento que incluye las actividades que fueron automatizadas. Lo indicado se muestra en el Anexo 8. En relación a la capacitación de los funcionarios (solución J de etapa MEJORAR), ésta fue impartida desde el ingreso del sistema SIVO en septiembre del 2013.

### 5.5.2 CONTROLAR, segundo paso: Registro de los valores y definición de las medidas continuas del proceso

En este punto se determinan los límites de control dentro de los cuales debe mantenerse el proceso mejorado, mismos que permitirán detectar la presencia de causas especiales de variación y sobre todo actuar sobre ellas para eliminarlas. Para efectos de comparación, se emplea un gráfico de control tipo P (Figura 67) que grafica la proporción mensual de bitácoras mal validadas en los periodos pre y post mejora con los respectivos límites de control superior e inferior.

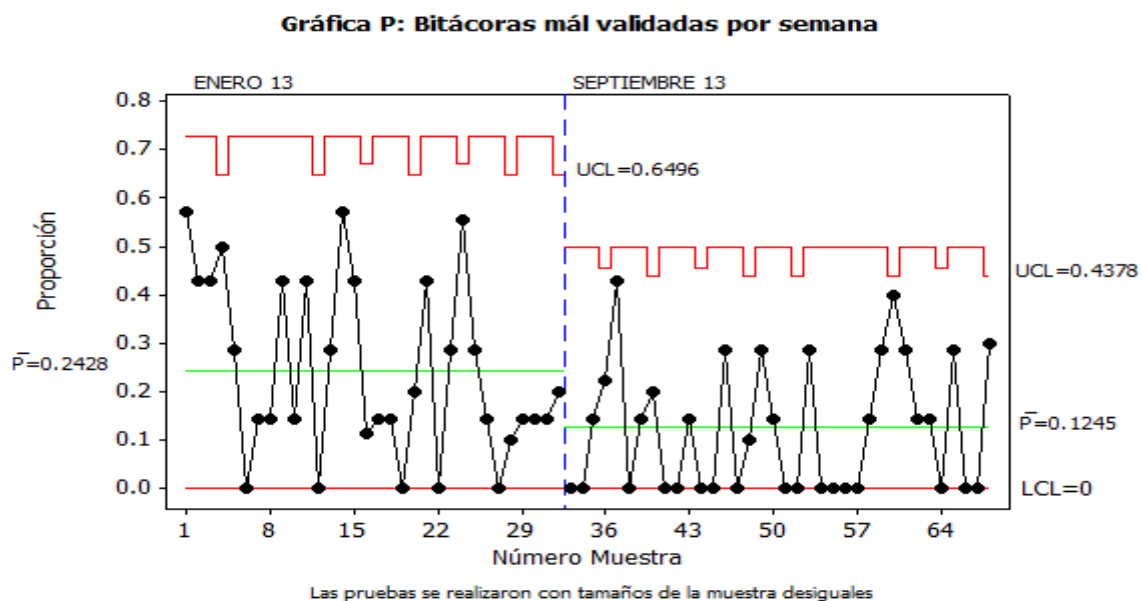


**Figura 67: Gráfico p: Proporción mensual de bitácoras mal validadas**

Fuente: Elaboración propia

Se observa que solamente considerando la mejora a nivel de las novedades de tiempo y causal de operación, la proporción se reduce a la mitad y también el límite de control superior baja en un 37% (del 47.4% al 30.3%), lo que traducido en bitácoras erróneas representa un descenso de 15 a 9 (en el mes), estrechando de esta forma el margen de errores. Se aprecia también, que luego de implementada la solución B, el proceso de validación no presenta causas especiales de variación, como ocurre en el periodo pre mejora en el que se registra un valor en el mes de enero del 2013 que supera el límite superior de control. Un tema a considerar es que si bien se reduce el promedio mensual de bitácoras erróneas, luego de la mejora todavía sigue siendo alto el límite superior, conllevando a que se puedan presentar hasta 9 bitácoras mal validadas.

De igual manera el promedio mensual mejorado de 4 bitácoras mal validadas sigue siendo alto e incumple el requisito del cliente de un máximo de 3 al mes. Esto básicamente se presenta porque la mejora dirigida a eliminar (o al menos minimizar) las bitácoras mal validadas con errores en novedades de disponibilidad aún no está totalmente en producción. Por lo indicado y para tratar de detectar con más frecuencia las bitácoras validadas erróneas y lo más importante, para introducir las correcciones necesarias, se reduce la periodicidad de monitoreo de mensual a semanal y con esta resolución es con la que se tomarán los datos para mantener controlado el proceso. Los resultados de esta modificación en los periodos pre y post mejora se muestran en la Figura 68.

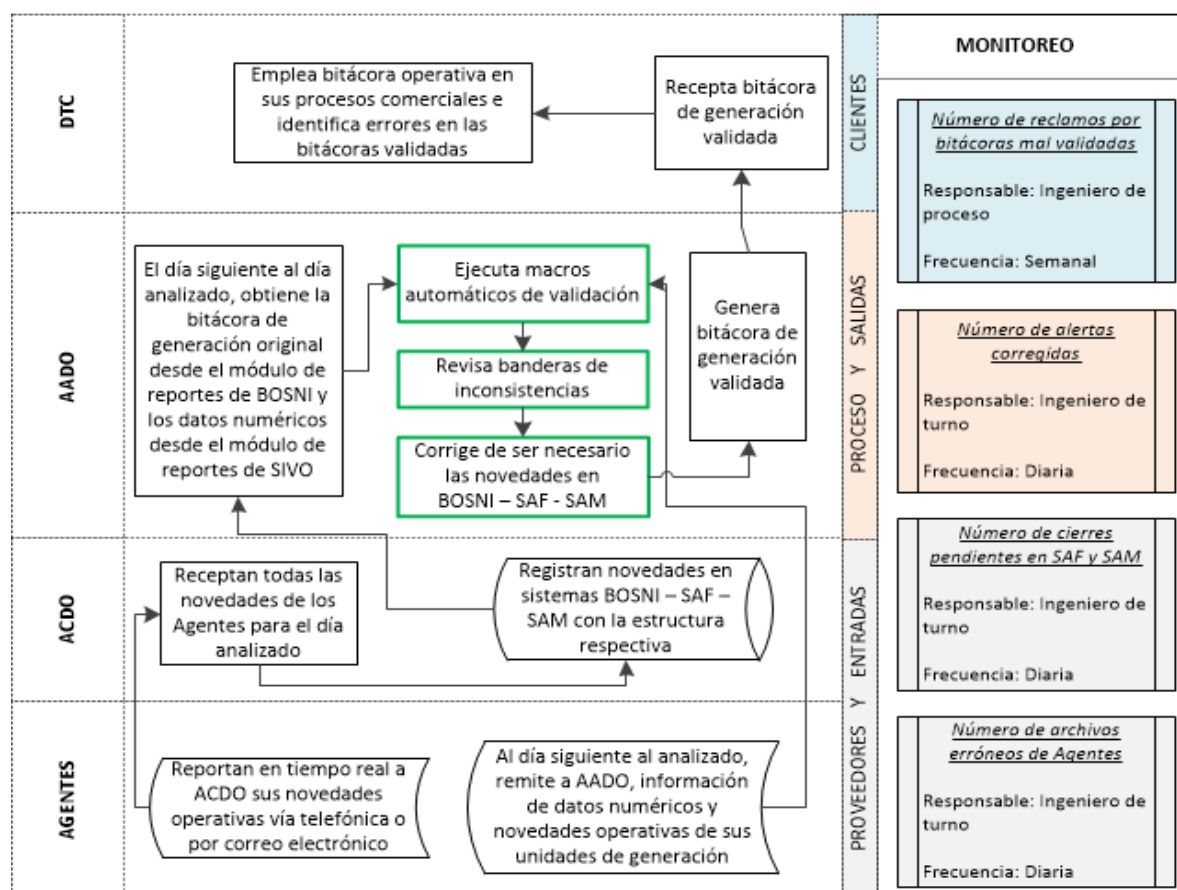


**Figura 68: Gráfico p: Proporción mensual de bitácoras mal validadas por semana**

Fuente: Elaboración propia

### 5.5.3 CONTROLAR, tercer paso: Monitoreo del proceso controlado

Finalmente, para monitorizar todos los aspectos del proceso relacionados con las entradas, las etapas del mismo y sus resultados, se plantea un cuadro de mando del proceso identificando los puntos más importantes. En dicho cuadro se establecen las mediciones a tomarse, la periodicidad y quién es el responsable. Lo indicado se muestra en la Figura 69.



**Figura 69: Cuadro de mando del proceso**

Fuente: Elaboración propia

Con base en el conocimiento actual que se tiene del proceso y en las mejoras introducidas, se reformula también el indicador de calidad de la bitácora de generación para incluirlo en el nuevo contrato cliente proveedor DTC-DOP (solución K de etapa MEJORAR), de manera que a la vez que se cumpla con los requisitos del cliente y no se afecte su satisfacción, permita también evaluar adecuadamente el desempeño del proceso. El detalle del indicador planteado se muestra en la Figura 70.



	<b>DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR</b>
<b>DOCUMENTO</b>	CONTRATO CLIENTE PROVEEDOR DTC - DOP
<b>CÓDIGO</b>	IOI10
<b>NOMBRE</b>	Calidad de la Bitácora de Generación Validada
<b>DEFINICIÓN</b>	<p>Mide las inconsistencias en las bitácoras validadas de generación, por causas asignables a la DOP, luego del primer día de ocurrida la operación. Se entenderán como novedades inconsistentes cuando:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faltare alguna de las novedades que mencionen redespachos o reportes de falla en el sistema, toda vez que se presente la existencia de dichos archivos en las ubicaciones definidas en este contrato.</li> <li>- Faltare un evento o calificación de evento que defina la indisponibilidad o disponibilidad (con su respectivo dato de potencia) de una unidad de generación o compensador síncrono.</li> <li>- Faltare especificar el Agente a quien se le atribuya la asignación de una generación no económica por condiciones técnicas particulares (sobrecostos) y el periodo de aplicación.</li> <li>- Faltare o se encuentre incompleto el "Tipo de Evento" con su correspondiente "Calificación del Evento" en el sistema BOSNI,</li> <li>- Faltare el registro de las horas de entrada y salida de unidades de generación térmica que estuvieron en línea en tiempos menores a 24 horas.</li> <li>- Faltare el ingreso o la eventual condición operativa diferente a la planificada de una unidad de generación, se tendrá como base de análisis los despachos programados y redespachos, estos últimos en caso de existir. Se excluye la entrega de excedentes que no han sido planificados.</li> <li>- La inclusión de cualquier evento, luego del primer día de operación, que sea responsabilidad de DOP y que no sea consecuencia de un reclamo realizado por un Agente.</li> </ul>
<b>FÓRMULA</b>	$1 - \max\left(0, \left(\frac{NCDOP - NMCDOP}{NCB}\right)\right)$
<b>DESCRIPCIÓN FÓRMULA</b>	<i>NCDOP = Número de bitácoras mal validadas en el mes</i>
	<i>NMCDOP = Número Máximo de bitácoras mal validadas</i>
	<i>NCB = Número de bitácoras validadas en el mes</i>
<b>META</b>	El NMCDOP igual a 4

**Figura 70: Indicador de Calidad para la Bitácora de Generación validada**

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que a partir del 2013, se firmó una Acta AADO-ACDO en la que se especificaron requerimientos relacionados con la calidad que debe observar la bitácora original entregada por ACDO, sin embargo, ninguno de ellos se asociaba a las novedades de disponibilidad de generación. Bajo este concepto, se define un nuevo indicador que mide la calidad de la información registrada en los sistemas BOSNI, SAF y SAM, para garantizar que si una falla o mantenimiento fue finalizado en el día de operación, los registros/reportes de falla o los mantenimientos sean cerrados con sus respectivos valores de disponibilidad.

Con esta consideración se minimiza lo mejor posible la entrega de bitácoras incompletas y se optimiza también el tiempo invertido en realizar la gestión del cierre correspondiente (solución L de etapa MEJORAR). El detalle se muestra en la Figura 71.

	<b>DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR</b>
<b>DOCUMENTO</b>	ACTA AADO - AADO
<b>CÓDIGO</b>	ICI-01
<b>NOMBRE</b>	Calidad en las novedades de generación
<b>DEFINICIÓN</b>	<p>Mide la calidad de las novedades de generación ingresadas en BOSNI/SAF/SAM hasta las 24:00 horas del día operado. Para la evaluación se considerarán como incumplimientos, los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Que no se cierren en SAM, los mantenimientos programados y no programados de las unidades de generación que finalizaron en el día operado, con sus respectivos valores de potencia disponible.</li> <li>* Que no se cierren en SAF, los registros de falla de las unidades de generación que finalizaron en el día operado, con sus respectivos valores de potencia disponible.</li> <li>* Que no se cierren en SAF, los reportes de falla de las unidades de generación en las pestañas "Falla" o "Generación Perdida", con sus respectivos valores de potencia disponible.</li> <li>* Que no se registren las horas de ingreso y salida de todas las unidades generadoras que estuvieron en línea en el día operado.</li> <li>* Que no se registre las novedades relacionadas con pruebas de verificación de disponibilidad, especificando la nueva potencia efectiva verificada.</li> <li>* Que no se registren las horas de inicio y finalización de pruebas solicitadas por el Agente o por el CENACE.</li> <li>* Que no se registre la hora de declaración en operación comercial de las nuevas instalaciones a nivel de generación.</li> <li>* Que no se registre el ingreso y salida de operación de los compensadores sincrónicos a través del evento "Otros".</li> </ul> <p>NOTA: Se calculará un indicador individual diario y el indicador mensual será el promedio de los indicadores diarios.</p>
<b>FÓRMULA</b>	$\text{Indice\_dia rio} = 1 - \max \left( 0, \frac{\text{NDR}}{\text{NDP}} \right)$
<b>DESCRIPCIÓN FÓRMULA</b>	<i>Indice mensual</i> = promedio ( <i>Indice diario</i> )
	<b>NDR</b> = Número de novedades con incumplimiento
	<b>NDP</b> = Número de novedades del día operado
<b>OBSERVACIONES</b>	El personal de ACDO podrá ingresar en BOSNI cualquier novedad hasta las 07:00 horas del día siguiente al analizado. Si ACDO recibe información luego de este plazo, ésta deberá ser remitida a AADO vía correo electrónico a la dirección aado@cenace.org.ec.

**Figura 71: Indicador de Calidad para Novedades de Generación provenientes de ACDO**

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que las metas planteadas fueron ajustadas para que reflejen la realidad del proceso y no solamente para dar más holgura a los incumplimientos.

## **6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 CONCLUSIONES**

- El presente proyecto de tesis contempló el uso de la metodología six sigma para mejorar el proceso de validación de información operativa diaria, en aras de reducir los defectos que estaban afectando la satisfacción de los clientes, de optimizar el tiempo de ejecución del proceso y de disminuir los reprocesos y los montos reconocidos por horas extras cuando dicho proceso se ejecuta en días no laborables.
- En base a la comparación de los últimos 4 años, se determinó la situación actual y se realizó el análisis respectivo de todo el proceso de validación, se identificó también que el núcleo del problema radicaba en el subproceso de validación de la bitácora de generación y sobre éste se aplicaron las 5 fases de la metodología DMAMC (definir – medir – analizar – mejorar – controlar).
- Finalizada la aplicación de las 5 etapas, se cumplió el objetivo de mejorar el proceso al aumentar la calidad de la bitácora de generación validada a través de la minimización del número de novedades erróneas. Por un lado, se redujo al 0% los errores en la novedades relacionadas con tiempo y causal de operación y, por otro, se redujo el porcentaje de errores en las novedades asociadas a la disponibilidad de generación, esto último sin considerar la mejora propuesta para encerrar también dichos errores, cuyo algoritmo ha sido diseñado como parte de esta tesis, pero que será puesto en producción en septiembre del 2014.
- Después de las soluciones implementadas en la fase MEJORAR, el nivel sigma del proceso subió de 3 a 3.4 y el rendimiento se incrementó del 93.3% al 96.96%, no obstante, el nivel sigma y rendimientos finales, pueden incrementarse aún más cuando se implemente la mejora concerniente a la automatización del proceso de validación

de las novedades de disponibilidad de generación. Respecto a los costos de la mala calidad asociados a la mano de obra, se consiguió una reducción del 61%.

- Con la automatización del proceso y el ingreso del nuevo sistema SIVO, se logró optimizar el tiempo de ejecución del proceso de 4 horas a 2.5 horas y consecuentemente reducir de 2 a 1, el número de funcionarios que diariamente ejecutan la validación de la información operativa diaria. Este aspecto redunda en lo positivo pues implica también una reducción en los montos de horas extras reconocidos cuando el proceso se ejecuta en fines de semana.
- Finalmente se comprobó que la aplicación de la metodología six sigma en procesos de servicios (y no solo de manufactura) es efectiva al emplear herramientas que permiten estudiar un problema desde varios enfoques para medirlo, analizarlo, mejorarlo y controlarlo.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- Un punto relevante detectado es que la calidad de la bitácora validada generada por AADO, depende de la calidad de la bitácora original entregada por el ACDO, proceso que al momento presenta un rendimiento del 0% pues siempre hay que hacer correcciones a la misma. Lo indicado se transforma en una oportunidad de mejora en la que se recomienda emplear la metodología six sigma para mejorar el desempeño del proceso mencionado.
- Dado que hasta el momento en el CENACE no se han empleado metodologías de control de procesos sino tan solo reingenierías enfocadas a ajustarlos a los cambios en el sector eléctrico, es recomendable que se emprenda en proyectos de mejora que empleen metodologías estructuradas como six sigma. Lo indicado constituirá una ventaja competitiva para lograr el objetivo del CENACE de posicionarse no solo como el Administrador del Mercado Eléctrico Ecuatoriano, sino de la Región Andina.

- Ya que el CENACE actualmente está trabajando en la elaboración del Reporte de Gestión para obtener el Premio Nacional de Calidad (en el 2007 que participó por primera vez ganó la Medalla de Oro a la Excelencia), se recomienda incluir los resultados obtenidos en el presente trabajo, como una muestra de la mejora continua orientada a los procesos, para gestionarlos de manera eficiente y efectiva.
- Aunque la metodología Six Sigma como herramienta de mejora puede ser aplicada a todos los procesos que se realizan en el CENACE, es recomendable iniciar con proyectos que apunten a mejorar los procesos que agregan valor, pues son los que más impactan en los clientes y permiten alcanzar el éxito y sustentabilidad de la Corporación.
- Se recomienda también que al elegir los procesos a los que se les aplicará la metodología DMAMC (definir, medir, analizar, mejorar, controlar) como herramienta de mejora, se realice especial énfasis en la etapa Definir, pues ésta constituye la base principal de las fases restantes. De no tomarse el tiempo ni los análisis necesarios en la definición del problema, no habrá un norte claro y se invertirán recursos en recolectar datos e implementar mejoras que no darán mayor valor agregado.
- Finalmente, es recomendable que la Dirección de Operaciones realice las gestiones en las instancias pertinentes, para garantizar que se finalicen las mejoras pendientes y también se implementen aquellas que quedan propuestas como parte de la presente tesis. Concretar lo indicado incrementará aún más las mejoras en el desempeño del proceso que hasta el momento se han logrado.

## BIBLIOGRAFÍA

AADO. (2011). *Resumen Operación SNI - 2011*. Quito.

AADO. (2012). *Resumen Operación SNI - 2012*. Quito.

AADO. (2013). *Resumen Operación SNI - 2013*. Quito.

AC. (2008). *Informe Anual 2008* . Quito.

AC. (2009). *Informe Anual 2009* . Quito.

AC. (2010). *Informe Anual 2010* . Quito.

AC. (2010). *Informe Indicadores de Gestión Diciembre 2010* . Quito.

AC. (2011). *Informe Indicadores de Gestión Diciembre 2011* . Quito.

AC. (2011). *Informe Anual 2011* . Quito.

AC. (2012). *Informe Indicadores de Gestión Diciembre 2012* . Quito.

AC. (2012). *Informe Anual 2012* . Quito.

AC. (2013). *Informe Indicadores de Gestión Septiembre 2013* . Quito.

AC. (2014). *Plan de Calidad 2014* . Quito.

anónimo. (21 de Julio de 2011). *Metodología six sigma. Servicios*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2013, de <http://www.elmayorportaldegerencia.com/index.php/tips-gerenciales/229-organizacion/1194--metodologia-six-sigma-servicios>

Brue, G. (2003). *Six Sigma para directivos*. Madrid, España: McGrawHill.

- CENACE. (2007). *Reporte de Gestión para la participación en el Premio Nacional de la Calidad*. Quito.
- CENACE. (2011). *Plan Estratégico DOP 2011-2015*. Quito.
- CENACE. (2011). *Documento de Especificaciones de Requerimientos SIVO*. Quito.
- CENACE. (2013). *Testimonios de sueños y realidades*. Quito.
- CENACE. (2013). *Manual del Sistema de Gestión (revisión 34)*. Quito.
- CENACE. (2013). *Manual de Procesos (revisión 21)*. Quito.
- CENACE. (2013). *Manual de Responsabilidades y Perfil de Competencia*. Quito.
- CENACE. (2014). *Planificación Estratégica 2014 - 2017*. Quito.
- CIP. (2009). *Cámara de Industrias y Producción*. Recuperado el 7 de Octubre de 2013, de [http://cip.desarrolloweb.com.ec/frontEnd/images/objetos/46\\_boletin.pdf](http://cip.desarrolloweb.com.ec/frontEnd/images/objetos/46_boletin.pdf)
- CONELEC. (2007). *Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2007*. Quito.
- Chang, R. (1996). *Mejora continua de procesos*. Barcelona, España: Ediciones Granica S.A.
- Chowdhury, S. (2006). *El poder de seis sigma*. Madrid, España: Prentice Hall.
- DAF. (2013). *Reporte Horas Extras DOP*. Quito.
- Diario El Día. (3 de Enero de 2007). Recuperado el 14 de Octubre de 2013, de [http://www.eldia.com.ar/notas\\_especiales/mejoramiento.htm](http://www.eldia.com.ar/notas_especiales/mejoramiento.htm)
- Eckes, G. (2004). *El Six Sigma para todos*. Bogotá, Colombia: Norma.
- Escalante, E. (2005). *Seis Sigma, Metodología y Técnicas*. México, México: Limusa.

- García, M. & Márquez, N. & Posada, C. (2005). *Seis sigma un nuevo soporte para las empresas del futuro*. Universidad de la Sabana, Chía, Colombia
- Gestión y Cambio Organizacional. *Qué es Seis Sigma*. Recuperado el 14 de Octubre de 2013, de <http://www.detextiles.com/files/6%20SIGMA.pdf>
- Gómez, F. & Vilar, J. & Tejero, M. (2003). *Seis sigma.*, Madrid, España: FC Editorial
- González, F., & González, A. (2003). *Seis Sigma para Gerentes y Directores*. LibrosEnRed.
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. México D.F., México: McGrawHill.
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. México D.F., México: McGrawHill.
- Harrington, J. (1997). *Mejoramiento de los procesos de la empresa*. Bogotá, Colombia: McGrawHill.
- Iza, R. (2012). *Implementación de la metodología seis sigma en la empresa Inveligent*. Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador
- James, P. (1997). *Gestión de la calidad total*. Madrid, España: Prentice Hall.
- Lalaleo, B. (2012). *Propuesta de mejoramiento del procesos de pintura mediante la metodoloía six sigma, caso: Aymesa*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador
- Lowenthal, J. (2002). *Guía para la aplicación de un proyecto Seis Sigma*. Madrid, España: FC Editorial.
- MEER. (5 de Octubre de 2007). *Ministerio de Electricidad y Energía Renovable*. Recuperado el 5 de Octubre de 2013, de <http://www.energia.gob.ec/valores-mision-vision/>



- Miles, J., Auliso, R., Sorondo, A. (2009). *Herramientas para la gestión de la calidad y la innovación*, Montevideo, Uruguay.
- Montgomery, D., & Runger, G. (2006). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería*. México D.F., México: McGrawHill.
- Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2004). *Las claves prácticas de seis sigma*. Madrid, España: McGrawHill.
- Prieto, M. (2009). *6 Sigma en la práctica: guía de aplicación en proyectos*. Madrid, España: Asociación Española para la Calidad.
- Pérez, M. (2010). *Metodología seis sigma a través de excel*. México D.F., México: Alfaomega.
- QualityDigest (2003). *Six Sigma Survey*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2013, de [http://www.qualitydigest.com/feb03/articles/01\\_article.shtml](http://www.qualitydigest.com/feb03/articles/01_article.shtml)
- Ruiz, A. (Marzo de 2009). Recuperado el 14 de Octubre de 2013, de <http://web.cortland.edu/matresearch/SeisSigma.pdf>
- Ruiz-Falcó, A. (Marzo de 2006). Recuperado el 14 de Octubre de 2013, de <http://web.cortland.edu/matresearch/controlprocesos.pdf>
- Vilar, J. (2005). *Control estadístico de los procesos*. Madrid, España: FC Editorial.
- Villagómez, J. (Febrero de 2010). Recuperado el 14 de Octubre de 2013, de <http://es.slideshare.net/juanvillagomezchinchay/seis-sigma-3066813>

# ANEXOS

### Anexo 1: Empresas del Sector Eléctrico Ecuatoriano

EMPRESA	DESCRIPCIÓN	
Generación	CELEC EP	Electroguayas Gensur Hidroagoyán Hidrolitoral Hidronación Hidropaute Termoesmeraldas Termogas Machala Termopichincha
	Empresas Privadas	Ecoluz Elecaustro Electroquil EMAAP-Q Hidalgo e Hidalgo Intervisa Trade Termoguayas Generation Ecudos Ecoelectric Ingenio San Carlos Lafarge Enermax Eléctrica de Guayaquil Generación Generoca Hidroabanico
Transmisión	CELEC EP	Transelectric
Distribución	CNEL	Regional Esmeraldas Regional Manabí Regional Sucumbíos Regional Bolívar Regional Milagro Regional Santa Elena Regional El Oro Regional Santo Domingo Regional Los Ríos Regional Guayas Los Ríos
	Empresas Independientes	Emelnorte Quito Cotopaxi Ambato Regional Sur Centro Sur Riobamba Azogues Eléctrica de Guayaquil Distribución

## Anexo 2: Número de Bitácoras erróneas – Periodo Enero\_Agosto 2013

Día de procesamiento				Día procesado					Bitácora validad de generación		Novedades erróneas relacionadas con				Total novedades erróneas	Funcionario de turno
Fecha	Día	Tipo de día	Mes	Fecha	Día	Tipo de día	Mes	Periodo estacional	# total de novedades	# novedades corregidas	Redespachos	Tiempo operación	Causal operación	Disponibilidad	Total novedades erróneas	Funcionario de turno
04/01/2013	viernes	Laborable	Enero	03/01/2013	jueves	Laborable	Enero	Seco	317	33		1			1	F1
05/01/2013	sábado	Laborable	Enero	04/01/2013	viernes	Laborable	Enero	Seco	412	73		1		3	4	F2
06/01/2013	domingo	No laborable	Enero	05/01/2013	sábado	Laborable	Enero	Seco	275	52		1		1	2	F2
07/01/2013	lunes	Laborable	Enero	06/01/2013	domingo	No laborable	Enero	Seco	215					1	1	F1
10/01/2013	jueves	Laborable	Enero	09/01/2013	miércoles	Laborable	Enero	Seco	303	40				1	1	F1
12/01/2013	sábado	Laborable	Enero	11/01/2013	viernes	Laborable	Enero	Seco	336	38				1	1	F1
14/01/2013	lunes	Laborable	Enero	13/01/2013	domingo	No laborable	Enero	Seco	442	126			1	1	2	F3
16/01/2013	miércoles	Laborable	Enero	15/01/2013	martes	Laborable	Enero	Seco	440	41				1	1	F1
18/01/2013	viernes	Laborable	Enero	17/01/2013	jueves	Laborable	Enero	Seco	472	55				1	1	F1
20/01/2013	domingo	No laborable	Enero	19/01/2013	sábado	No laborable	Enero	Seco	204	28				1	1	F1
23/01/2013	miércoles	Laborable	Enero	22/01/2013	martes	Laborable	Enero	Seco	223	28				1	1	F1
24/01/2013	jueves	Laborable	Enero	23/01/2013	miércoles	Laborable	Enero	Seco	228	31				1	1	F1
28/01/2013	lunes	Laborable	Enero	27/01/2013	domingo	No laborable	Enero	Seco	213	82		1			1	F1
30/01/2013	miércoles	Laborable	Enero	29/01/2013	martes	Laborable	Enero	Seco	203	34				1	1	F1
01/02/2013	viernes	Laborable	Febrero	31/01/2013	jueves	Laborable	Enero	Seco	211	36			1		1	F2
04/02/2013	lunes	Laborable	Febrero	03/02/2013	domingo	No laborable	Febrero	Seco	251	66				2	2	F3
07/02/2013	jueves	Laborable	Febrero	06/02/2013	miércoles	Laborable	Febrero	Seco	351	41		1		2	3	F1
20/02/2013	miércoles	Laborable	Febrero	19/02/2013	martes	Laborable	Febrero	Seco	304	32		1		2	3	F1
28/02/2013	jueves	Laborable	Febrero	27/02/2013	miércoles	Laborable	Febrero	Seco	310	35				1	1	F1
03/03/2013	domingo	No laborable	Marzo	02/03/2013	sábado	No laborable	Marzo	Seco	197	27				2	2	F2
04/03/2013	lunes	Laborable	Marzo	03/03/2013	domingo	No laborable	Marzo	Seco	181	31				1	1	F3
07/03/2013	jueves	Laborable	Marzo	06/03/2013	miércoles	Laborable	Marzo	Seco	418	19				1	1	F1
09/03/2013	sábado	No laborable	Marzo	08/03/2013	viernes	Laborable	Marzo	Seco	414	70				1	1	F3
17/03/2013	domingo	No laborable	Marzo	16/03/2013	sábado	No laborable	Marzo	Seco	367					1	1	F1
19/03/2013	martes	Laborable	Marzo	18/03/2013	lunes	Laborable	Marzo	Seco	372	24				1	1	F1
20/03/2013	miércoles	Laborable	Marzo	19/03/2013	martes	Laborable	Marzo	Seco	416	42				2	2	F4
03/04/2013	miércoles	Laborable	Abril	02/04/2013	martes	Laborable	Abril	Lluvioso	328	39				1	1	F1
05/04/2013	viernes	Laborable	Abril	04/04/2013	jueves	Laborable	Abril	Lluvioso	343	68	1				1	F3
10/04/2013	miércoles	Laborable	Abril	09/04/2013	martes	Laborable	Abril	Lluvioso	310	71		1		2	3	F2
11/04/2013	jueves	Laborable	Abril	10/04/2013	miércoles	Laborable	Abril	Lluvioso	306	75				1	1	F3
12/04/2013	viernes	Laborable	Abril	11/04/2013	jueves	Laborable	Abril	Lluvioso	369	90				1	1	F3
13/04/2013	sábado	No laborable	Abril	12/04/2013	viernes	Laborable	Abril	Lluvioso	361	53				1	1	F4
18/04/2013	jueves	Laborable	Abril	17/04/2013	miércoles	Laborable	Abril	Lluvioso	334	41				11	11	F5
19/04/2013	viernes	Laborable	Abril	18/04/2013	jueves	Laborable	Abril	Lluvioso	266	58				3	3	F1
22/04/2013	lunes	Laborable	Abril	21/04/2013	domingo	No laborable	Abril	Lluvioso	291	62		1			1	F3
24/04/2013	miércoles	Laborable	Abril	23/04/2013	martes	Laborable	Abril	Lluvioso	314	69				1	1	F2
07/05/2013	martes	Laborable	Mayo	06/05/2013	lunes	Laborable	Mayo	Lluvioso	358	45				1	1	F1
14/05/2013	martes	Laborable	Mayo	13/05/2013	lunes	Laborable	Mayo	Lluvioso	264	34				2	2	F1
26/05/2013	domingo	No laborable	Mayo	25/05/2013	sábado	No laborable	Mayo	Lluvioso	199	45				1	1	F5
28/05/2013	martes	Laborable	Mayo	27/05/2013	lunes	Laborable	Mayo	Lluvioso	251	43				1	1	F1
04/06/2013	martes	Laborable	Junio	03/06/2013	lunes	Laborable	Junio	Lluvioso	251	55			1	1	2	F1
05/06/2013	miércoles	Laborable	Junio	04/06/2013	martes	Laborable	Junio	Lluvioso	211	29				2	2	F1
06/06/2013	jueves	Laborable	Junio	05/06/2013	miércoles	Laborable	Junio	Lluvioso	309	33				1	1	F1
18/06/2013	martes	Laborable	Junio	17/06/2013	lunes	Laborable	Junio	Lluvioso	483	100		1		3	4	F3
20/06/2013	jueves	Laborable	Junio	19/06/2013	miércoles	Laborable	Junio	Lluvioso	360	65				1	1	F2
25/06/2013	martes	Laborable	Junio	24/06/2013	lunes	Laborable	Junio	Lluvioso	508	112		1			1	F2
28/06/2013	viernes	Laborable	Junio	27/06/2013	jueves	Laborable	Junio	Lluvioso	367	35				1	1	F5
29/06/2013	sábado	No laborable	Junio	28/06/2013	viernes	Laborable	Junio	Lluvioso	402	45		1		1	2	F5
30/06/2013	domingo	No laborable	Junio	29/06/2013	sábado	No laborable	Junio	Lluvioso	260	21				1	1	F5
01/07/2013	lunes	Laborable	Julio	30/06/2013	domingo	No laborable	Junio	Lluvioso	266	60		2			2	F3
04/07/2013	jueves	Laborable	Julio	03/07/2013	miércoles	Laborable	Julio	Lluvioso	446	51			1	1	2	F4
08/07/2013	lunes	Laborable	Julio	07/07/2013	domingo	No laborable	Julio	Lluvioso	176	37				1	1	F1
09/07/2013	martes	Laborable	Julio	08/07/2013	lunes	Laborable	Julio	Lluvioso	359	40				1	1	F1
23/07/2013	martes	Laborable	Julio	22/07/2013	lunes	Laborable	Julio	Lluvioso	377	24		1		2	3	F1
03/08/2013	sábado	No laborable	Agosto	02/08/2013	viernes	Laborable	Agosto	Lluvioso	397	37				2	2	F5
11/08/2013	domingo	No laborable	Agosto	10/08/2013	sábado	No laborable	Agosto	Lluvioso	359					1	1	F4
21/08/2013	miércoles	Laborable	Agosto	20/08/2013	martes	Laborable	Agosto	Lluvioso	502	67			1		1	F2
27/08/2013	martes	Laborable	Agosto	26/08/2013	lunes	Laborable	Agosto	Lluvioso	286	30				1	1	F4
28/08/2013	miércoles	Laborable	Agosto	27/08/2013	martes	Laborable	Agosto	Lluvioso	326	19				1	1	F4

### Anexo 3: Estratificación de novedades corregidas en bitácoras de generación mal validadas

Estratificación	Desglose	Número de novedades			Número de novedades corregidas			Número de fallas de generación
		Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	
Por mes	Enero	548	295	198	126	39	7	14
	Febrero	420	282	155	84	33	2	6
	Marzo	536	345	174	77	29	10	8
	Abril	369	289	209	90	45	11	12
	Mayo	381	267	199	78	34	12	15
	Junio	508	318	204	112	32	6	10
	Julio	538	343	176	63	25	7	15
	Agosto	542	403	187	67	28	4	14
Por día de la semana	Lunes	548	348	209	112	36	7	16
	Martes	527	331	203	71	27	5	12
	Miércoles	499	333	215	77	36	9	15
	Jueves	538	341	208	90	33	8	14
	Vienes	541	337	201	78	38	8	9
	Sábado	451	282	197	61	31	2	21
	Domingo	472	254	155	126	29	6	7

**Nota.** Considerando el total de 243 bitácoras en el periodo Enero – Agosto 2013

Estratificación	Desglose	Número de novedades corregidas		
		Máximo	Promedio	Mínimo
Por mes	Enero	126	50	28
	Febrero	66	44	32
	Marzo	70	36	19
	Abril	90	63	39
	Mayo	45	42	34
	Junio	112	56	21
	Julio	51	38	24
	Agosto	67	39	19
Por día de la semana	Lunes	112	51	24
	Martes	71	43	19
	Miércoles	75	44	19
	Jueves	90	54	33
	Vienes	73	53	37
	Sábado	52	35	21
	Domingo	126	67	31

**Nota.** Considerando solamente las 59 bitácoras mal validadas en el periodo Enero – Agosto 2013

### Anexo 4: Tabla de conversión Sigma

RENDIMIENTO (%)	NIVEL EN SIGMA	DPMO
6,68	0,00	933200
8,455	0,13	915450
10,56	0,25	894400
13,03	0,38	869700
15,87	0,50	841300
19,08	0,63	809200
22,66	0,75	773400
26,595	0,88	734050
30,85	1,00	691500
35,435	1,13	645650
40,13	1,25	598700
45,025	1,38	549750
50	1,50	500000
54,975	1,63	450250
59,87	1,75	401300
64,565	1,88	354350
69,15	2,00	308500
73,405	2,13	265950
77,34	2,25	226600
80,92	2,38	190800
84,13	2,50	158700
86,97	2,63	130300
89,44	2,75	105600
91,545	2,88	84550
93,32	3,00	66800
94,79	3,13	52100
95,99	3,25	40100
96,96	3,38	30400
97,73	3,50	22700
98,32	3,63	16800
98,78	3,75	12200
99,12	3,88	8800
99,38	4,00	6200
99,565	4,13	4350
99,7	4,25	3000
99,795	4,38	2050
99,87	4,50	1300
99,91	4,63	900
99,94	4,75	600
99,96	4,88	400
99,977	5,00	230
99,982	5,13	180
99,987	5,25	130
99,992	5,38	80
99,997	5,50	30
99,99767	5,63	23,35
99,99833	5,75	16,7
99,999	5,88	10,05
99,99966	6,00	3,4

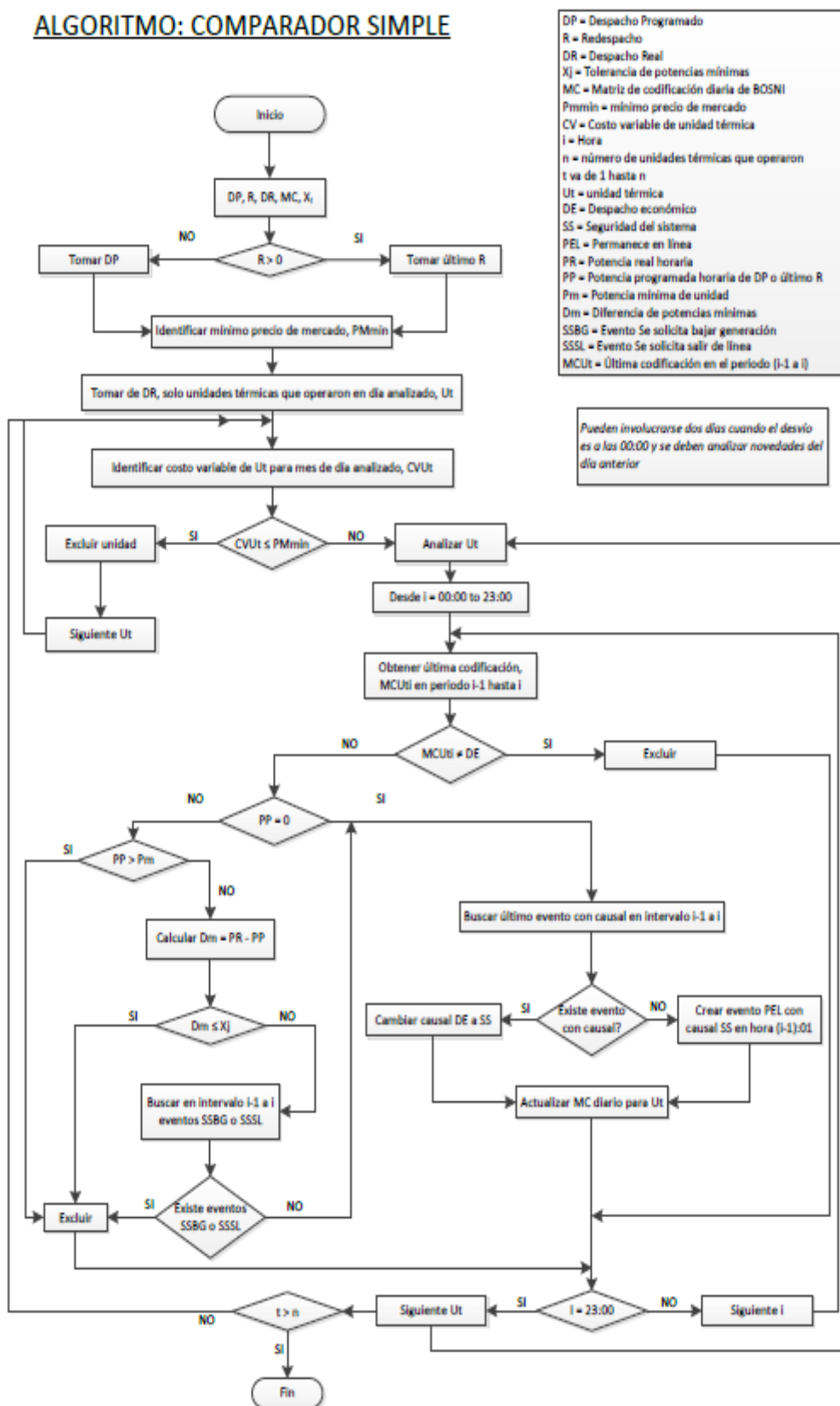
Fuente: Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2004). *Las claves prácticas de seis sigma*.

**Anexo 5: Novedades ON - OFF**

TIPO DE NOVEDAD	COMBINACIÓN EVENTO - CAUSAL
Novedades ON	<p>Disponible</p> <p>F / L, Final de pruebas por Agente – Disponible</p> <p>F / L, Final de pruebas por CENACE – Disponible</p> <p>Finaliza Pruebas, Final de pruebas por Agente – Disponible</p> <p>Finaliza Pruebas, Final de pruebas por CENACE - Disponible</p>
	Indisponible
	Baja generación, Pruebas solicitadas por el Agente
	Dispara, Indisponible
	E / L, Pruebas solicitadas por el Agente
	F / L, Final de pruebas por Agente – Indisponible
	F / L, Final de pruebas por CENACE – Indisponible
	F / L, Indisponible
	Finaliza Pruebas, Final de pruebas por Agente – Indisponible
	Finaliza Pruebas, Final de pruebas por CENACE – Indisponible
	Inicia pruebas, Pruebas solicitadas por el Agente
Novedades OFF	Permanece en línea, Pruebas solicitadas por el Agente
	Se solicita bajar generación, Pruebas solicitadas por el Agente
	Se solicita entrar en línea, Pruebas solicitadas por el Agente
	Se solicita subir generación, Pruebas solicitadas por el Agente
	Sube generación, Pruebas solicitadas por el Agente
	Baja generación, Operación Experimental
	Sube generación, Operación Experimental
	E / L, Operación Experimental
	Permanece en línea, Operación Experimental
	Se solicita bajar generación, Operación Experimental
	Se solicita subir generación, Operación Experimental

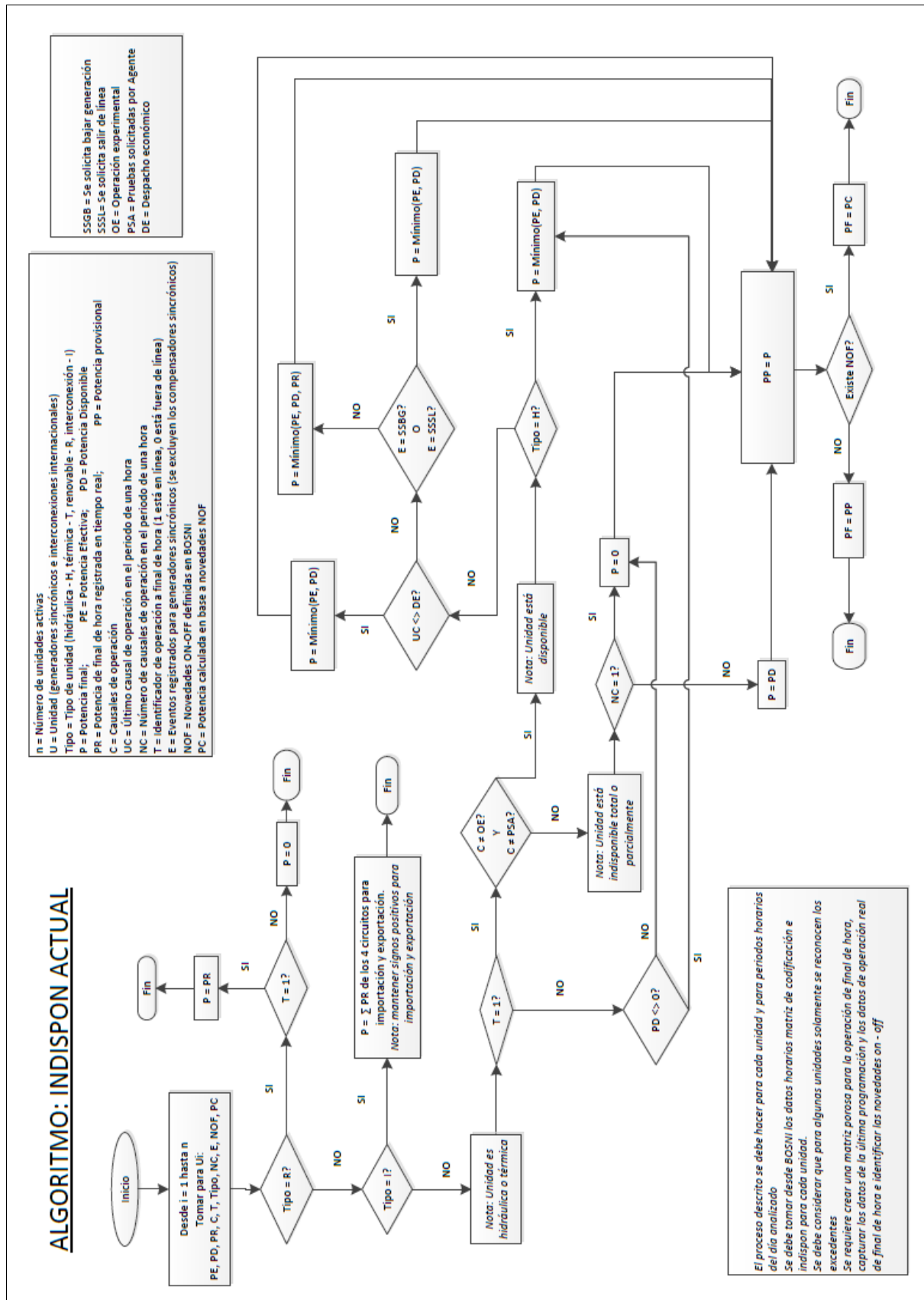
## Anexo 6: Nuevo Algoritmo COMPARADOR SIMPLE

### ALGORITMO: COMPARADOR SIMPLE





## Anexo 7: Nuevo Algoritmo INDISPON ACTUAL



## Anexo 8: Nuevo Procedimiento “Preparar Información Operativa”

### PROPÓSITO:

Definir un procedimiento que detalle las actividades a seguir para procesar la información operativa proporcionada por ACDO y los diferentes Actores, misma que es necesaria para el desarrollo de los procesos del AADO y de otras áreas de la Corporación CENACE.

### ALCANCE:

Las actividades de este procedimiento son realizadas en su totalidad, todos los días o solo en días laborables según sea el caso, por los funcionarios del AADO en la ejecución del subproceso “Validar y Preparar Información Operativa Diaria”.

### DEFINICIONES Y ABREVIATURAS:

Adicional a las definiciones y abreviaturas establecidas en el Manual de Procesos de la Dirección de Operaciones, el presente procedimiento considera las siguientes:

1	aaaa	Número del año en formato de cuatro dígitos
2	aa	Número del año en formato de dos dígitos
3	mes	Nombre completo del mes
4	mmm	Nombre del mes con las primeras tres iniciales
5	mm	Número del mes en formato de dos dígitos
6	dd	Número de día en formato de dos dígitos
7	hh:mm	Hora con formato de horas y minutos
8	Ingeniero de Turno	Funcionario(a) del AADO encargado(a) de ejecutar las actividades asignadas en este procedimiento
9	Ingeniero de Proceso	Funcionario(a) del AADO encargado(a) de ejecutar las actividades asignadas en este procedimiento
10	Desvíos en la operación	Considerados como tales, cuando la potencia horaria con la que opera una unidad térmica sea superior a su potencia mínima programada correspondiente y su costo variable sea superior al precio marginal horario respectivo y su causal de operación sea “Despacho Económico”, se exceptúa esta condición solamente si antes de la hora a la que se presenta el desvío, ya se haya solicitado por parte de los funcionarios del ACDO, la bajada de generación o salida de operación de la unidad

11	NovGen	Reporte que contiene las novedades operativas de todas las unidades generadoras que operaron en el día analizado relacionadas con: ingresos, salidas, disparos, mantenimientos, disponibilidad, etc. Incluye también información de los redespachos ejecutados y de los intercambios por las interconexiones internacionales
12	NovTran	Reporte que contiene las novedades operativas de los elementos del sistema de transmisión y de las empresas distribuidoras relacionadas con: conexión, desconexión, apertura, cierre, disparos, mantenimientos, disponibilidad, transferencias de carga, etc.
13	Archivos ETL	Reportes que contienen información de generación, entregas, datos programados y datos hidrológicos del día analizado, con sus correspondientes códigos de SIVO
14	Reporte Operativo Rsys	Reporte en el que se muestran las potencias reales de cada media hora de todas las unidades generadoras e interconexiones, con su respectiva producción total diaria. Tabula también las potencias de todas las posiciones de las empresas distribuidoras con su respectivo consumo total diario. Incluye además un resumen de la generación y consumo total diario
15	COMPARADOR	Reporte que contiene para el día analizado, los desvíos en la operación de las unidades térmicas

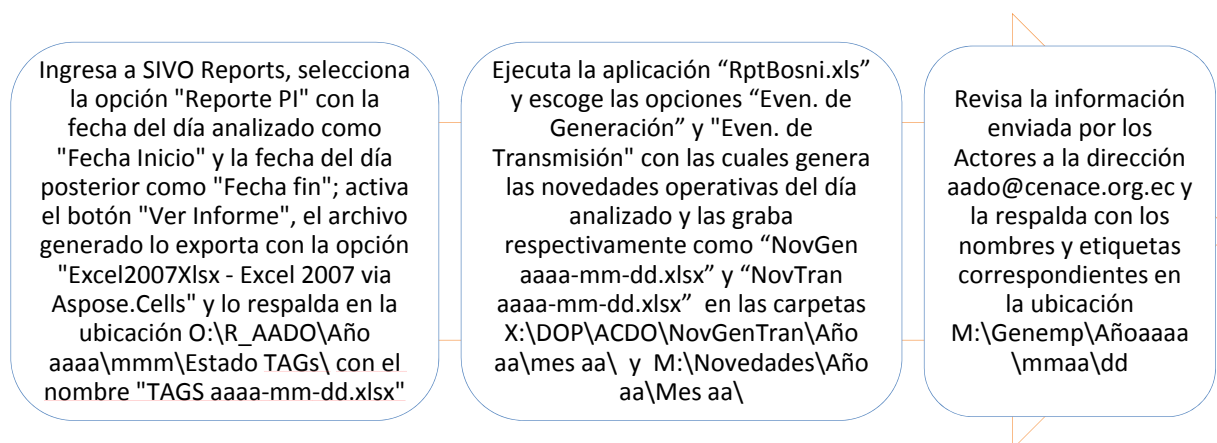
Las aplicaciones, programas y unidades de red empleadas en la ejecución del presente procedimiento son las siguientes:

Aplicación/Programa	Ubicación
DATOSPROG.xlsm	S:\Aplicaciones Procesos\APLICACIONES SIVO
COTAS.xls	S:\Aplicaciones Procesos\APLICACIONES SIVO
ENTREGASIVO.xlsm	S:\Aplicaciones Procesos\APLICACIONES SIVO
DATOSPI.xlsm	S:\Aplicaciones Procesos\APLICACIONES SIVO
SIVO.xlsm	S:\Aplicaciones Procesos\APLICACIONES SIVO
MODIFOR.xlsm	S:\Aplicaciones Procesos\APLICACIONES SIVO
COTAS.xls	M:\
SYSTEM.xls	S:\Aplicaciones Procesos
COMPARADOR.xlsm	S:\Aplicaciones Procesos
INFOSNI.xlsm	S:\Aplicaciones Procesos
RptBosni.xls	C:\Reportes\RptBosni
SIVO Reports	( <a href="http://qcitbvwb03/Reports/Pages/Folder.aspx?ItemPath=%2fSIVO+Reports&amp;ViewMode=List">http://qcitbvwb03/Reports/Pages/Folder.aspx?ItemPath=%2fSIVO+Reports&amp;ViewMode=List</a> )
SIMEM	<a href="https://simem-ssii.cenace.corp/ssi-interno/">https://simem-ssii.cenace.corp/ssi-interno/</a>
SGD	<a href="https://gestiondocumental.cenace.org.ec/gesdocumental.nsf">https://gestiondocumental.cenace.org.ec/gesdocumental.nsf</a>

## PROCEDIMIENTO

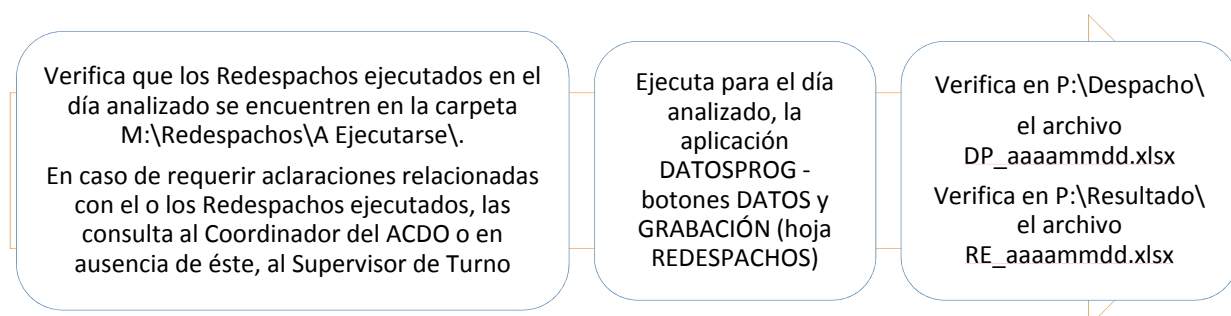
El **Ingeniero de Turno del AADO** realiza las siguientes actividades:

### 5.1 DESCARGA DE REPORTE PI, GENERACIÓN DE NOVEDADES Y RESPALDO DE INFORMACIÓN DE AGENTES

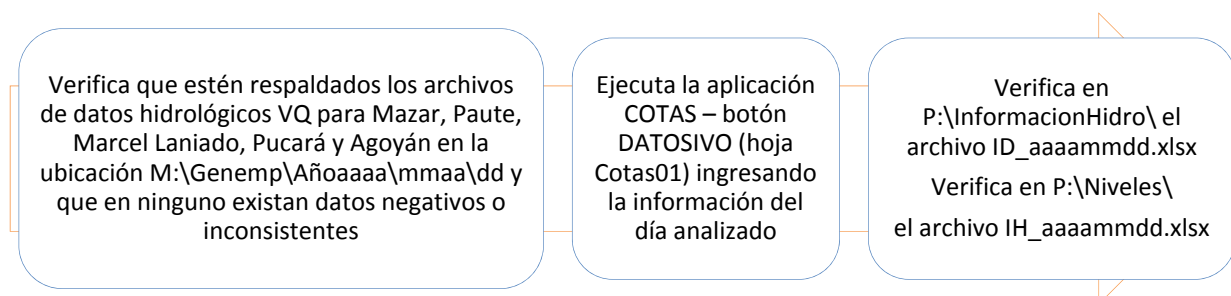


### 5.2 GENERACIÓN DE ETL's

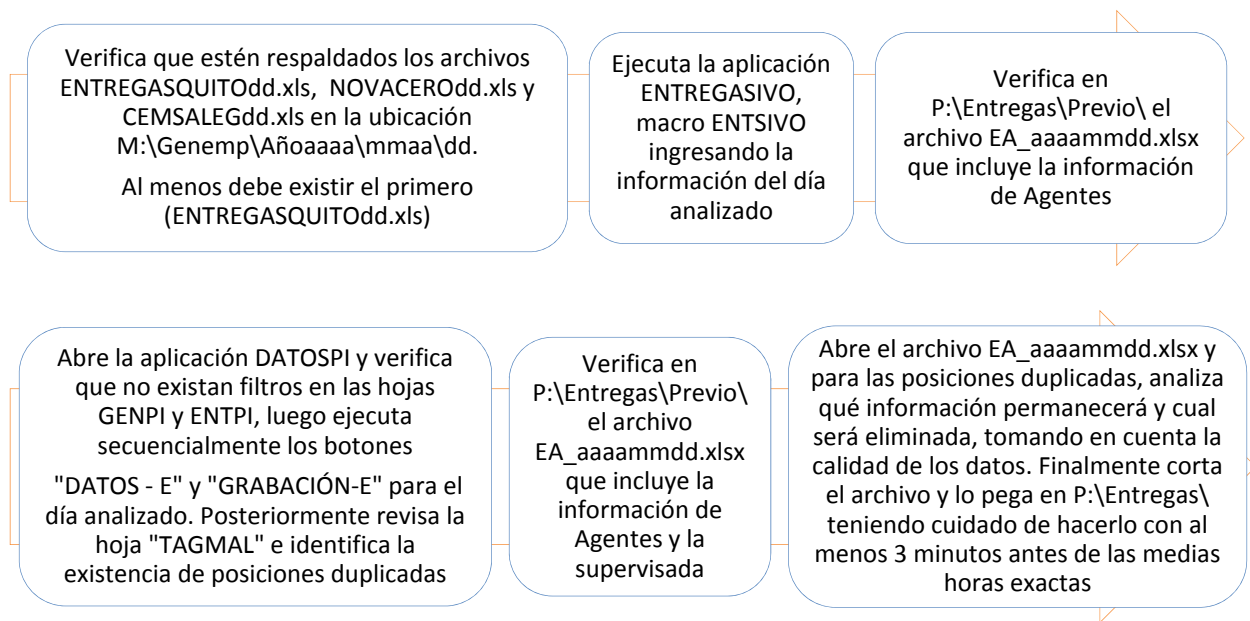
#### a) GENERACIÓN DE ETL DE DATOS PROGRAMADOS



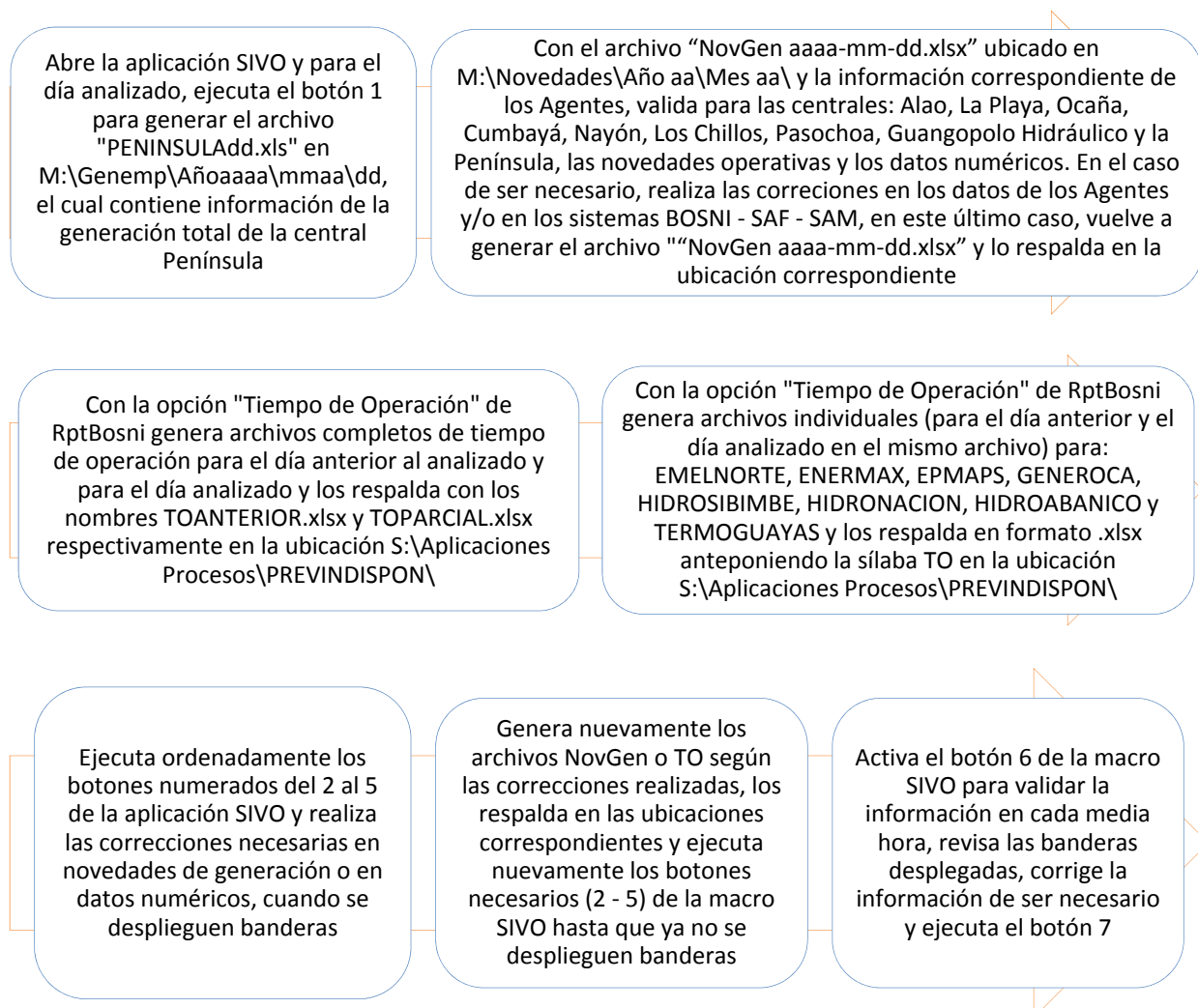
#### b) GENERACIÓN DE ETL DE DATOS HIDROLÓGICOS

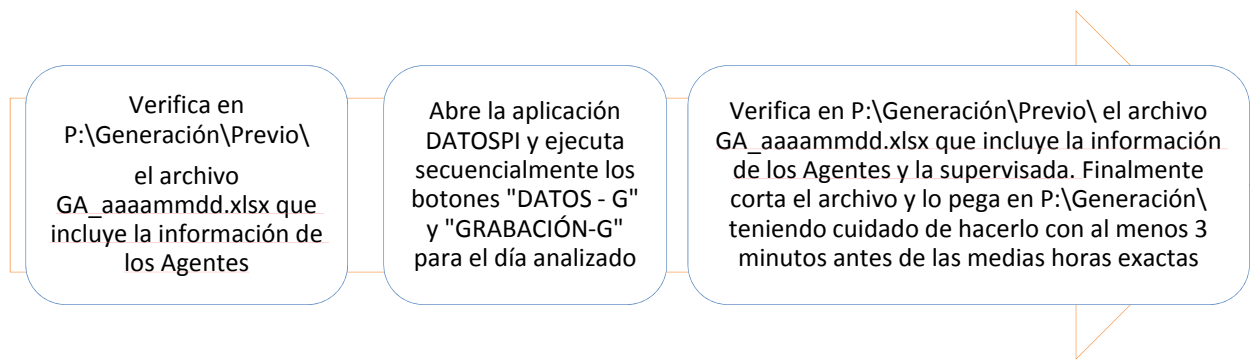


### c) GENERACIÓN DE ETL DE ENTREGAS



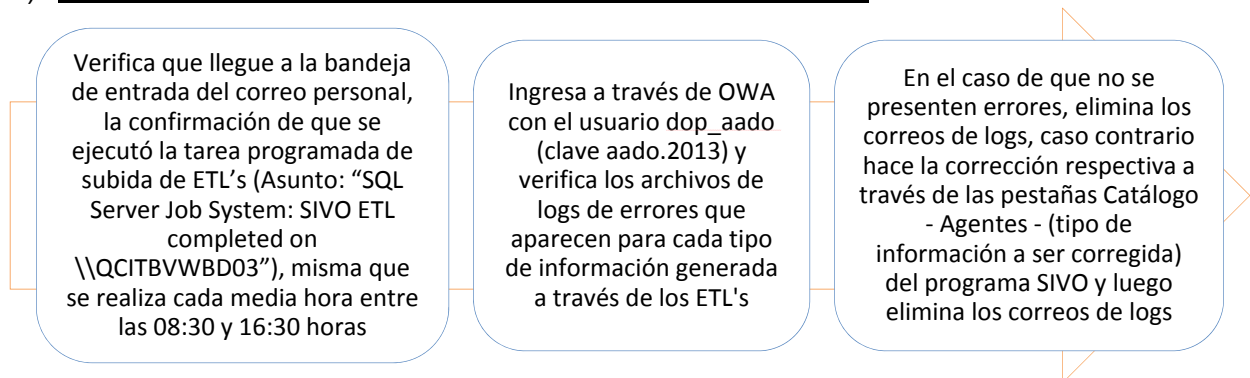
### d) GENERACIÓN DE ETL DE GENERACIÓN



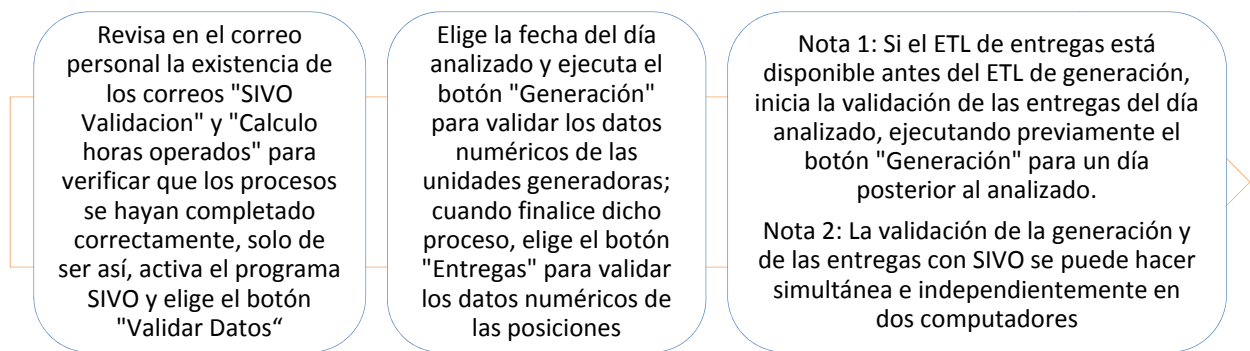


### 5.3 VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN CON SISTEMA SIVO

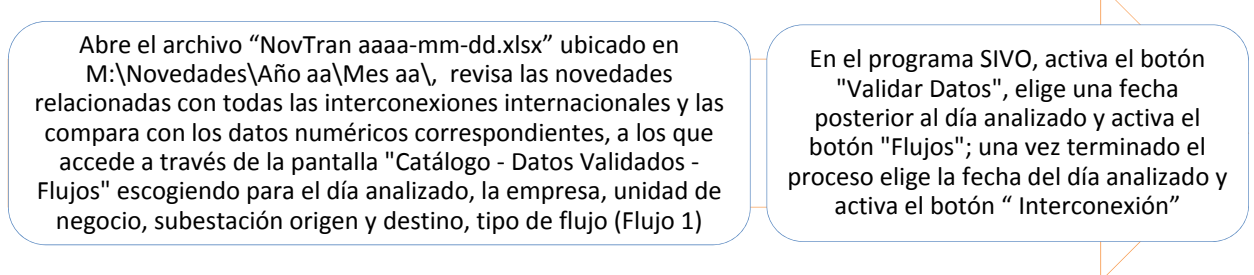
#### a) SUBIDA DE ETL's, VALIDACIÓN Y CORRECCIÓN DE LOGS



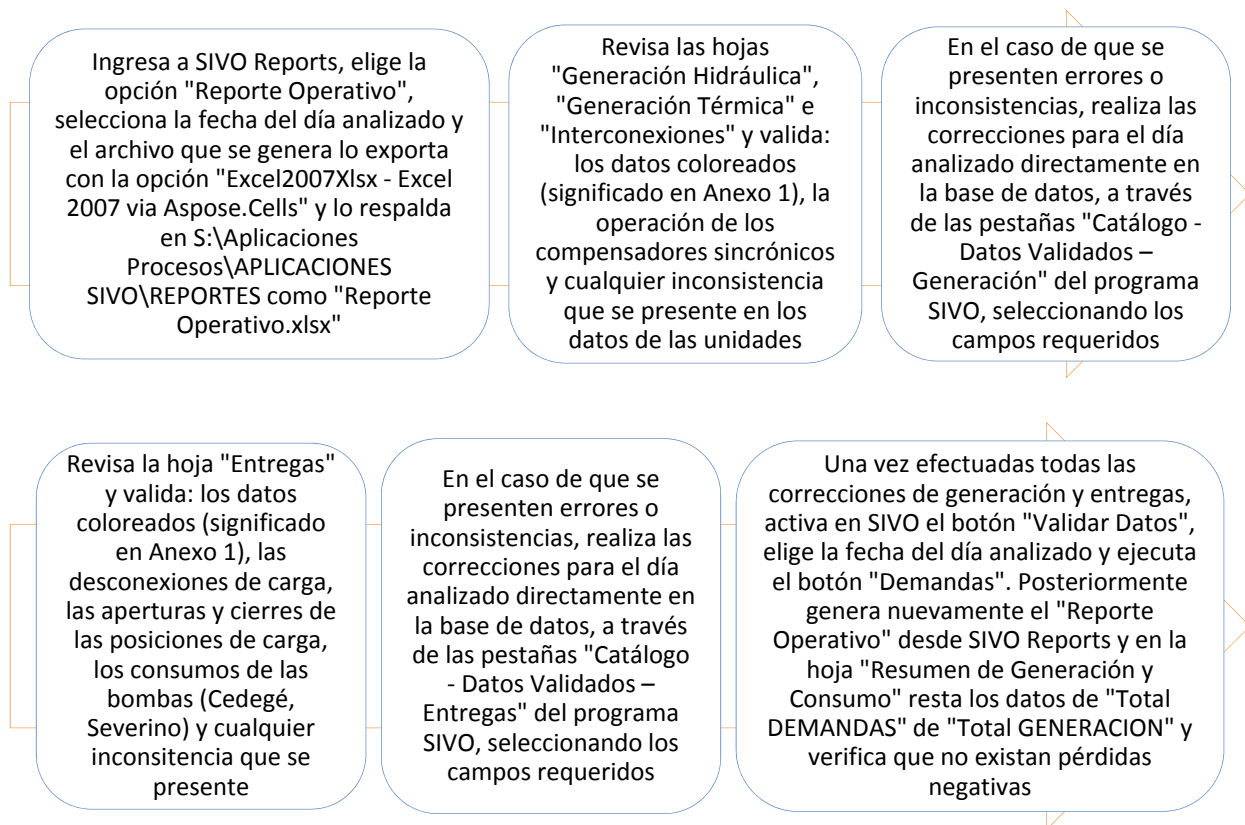
#### b) VALIDACIÓN DE ENTREGAS Y GENERACIÓN CON SIVO



#### c) VALIDACIÓN DE FLUJOS DE INTERCONEXIONES



#### d) DESCARGA Y VALIDACIÓN DEL REPORTE OPERATIVO



- **NOTA:** No se debe volver a correr los botones de validación de generación y entregas con el sistema SIVO, pues se pierden todos los cambios realizados a través de la pestaña Catálogo.

#### 5.4 IDENTIFICACIÓN DE DESVÍOS EN LA OPERACIÓN

